
Bachelorarbeit

Herr
Sebastian Poppitz

Einsatz von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern

Mittweida, 2015

Bachelorarbeit

Einsatz von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern

Autor:

Herr

Sebastian Poppitz

Studiengang:

**Immobilienmanagement und Facilities
Management**

Seminargruppe:

FM12w1-B

Erstprüfer:

Herr Prof. Dr. - Ing. Jörg Mehlis

Zweitprüfer:

Herr Dipl. - Ing. Uwe Helwig

Einreichung:

Mittweida, 26.10.2015

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida 2015

Bachelor thesis

Use of combined heat and power in apartment buildings

author:

Mr.

Sebastian Poppitz

course of studies:

Real Estate and Facilities Management

seminar group:

FM12w1-B

first examiner:

Mr. Prof. Dr. – Ing. Jörg Mehlis

second examiner:

Mr. Dipl. - Ing. Uwe Helwig

submission:

Mittweida, 26.10.2015

defence/ evaluation:

Mittweida 2015

Bibliografische Beschreibung:

Poppitz, Sebastian:

Einsatz von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern. - 2015. - IV, 59, 11 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Bachelorarbeit, 2015

Referat:

Blockheizkraftwerke erzeugen nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Wärme und Strom und können Brennstoffe daher effizient nutzen. Wie ein BHKW funktioniert, wie es dimensioniert und geplant wird und wann der Einsatz wirtschaftlich sinnvoll ist wird in dieser Bachelorarbeit beschrieben.

Aufgrund der noch unzureichenden Verbreitung an Blockheizkraftwerken in der Wohnungswirtschaft, insbesondere im Mehrfamilienhausbereich, liegt der Schwerpunkt der Arbeit auf dem Einsatz von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse soll die finanziellen Auswirkungen einer Investition in ein Blockheizkraftwerk in einem Mehrfamilienhaus aufzeigen und einen Überblick über mögliche Ersparnisse im Vergleich zur konventionellen Heiztechnik geben.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
1.1 <i>Problem- und Zielstellung.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Vorgehensweise.....</i>	<i>2</i>
2 Blockheizkraftwerk Grundlagen	4
2.1 <i>BHKW Allgemein.....</i>	<i>4</i>
2.1.1 Kraft-Wärme-Kopplung	4
2.1.2 Begriffsbestimmung Blockheizkraftwerk	5
2.2 <i>BHKW Technik.....</i>	<i>6</i>
2.2.1 Aufbau und Funktionsweise	6
2.2.1 Kategorisierung von BHKW nach dem Leistungsbereich in Größenklassen ..	8
2.2.2 BHKW Technologien und Brennstoffe	10
2.2.3 Betriebsweisen	14
2.3 <i>Einsparungs- und Finanzierungsmöglichkeiten von BHKW</i>	<i>16</i>
2.3.1 Fördermaßnahmen und Steuereinsparungen	16
2.3.2 Contracting.....	20
2.4 <i>Bedeutung von BHKW.....</i>	<i>21</i>
2.4.1 Ökologische Bedeutung	21
2.4.2 Einsatzbereiche.....	24
3 Einsatz von BHKW in Mehrfamilienhäusern.....	27
3.1 <i>Notwendigkeit.....</i>	<i>27</i>
3.2 <i>Vorgehensweise bei der Anlagenplanung</i>	<i>28</i>
3.3 <i>Vorgehensweise bei der organisatorischen Planung</i>	<i>33</i>
3.4 <i>Rechtliche Grundlagen zur Wärmeversorgung</i>	<i>36</i>
3.5 <i>Stromlieferkonzepte</i>	<i>37</i>
3.5.1 Volleinspeisung in das Stromnetz.....	37
3.5.2 Einspeisung des KWK-Stroms ins Netz mit Verkauf an Dritte.....	38

Inhalt	II
3.5.3	Stromvollversorgung durch den Hauseigentümer / Betreiber.....39
3.5.4	Eigenversorgung durch eine Mieter-GbR40
4	Wirtschaftlichkeit von BHKW in MFH42
4.1	<i>Kosten.....42</i>
4.2	<i>Einsparungen und Erlöse43</i>
4.3	<i>Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung.....44</i>
4.4	<i>Wirtschaftlichkeitsberechnung an einem fiktiven MFH.....45</i>
5	Zusammenfassung.....53
6	Literatur- und Quellenverzeichnis.....55
Anlagen60
	<i>Anlage I: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 161</i>
	<i>Anlage II: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 264</i>
	<i>Anlage III: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 367</i>
Selbstständigkeitserklärung70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: KWK im Vergleich mit getrennter Erzeugung von Strom und Wärme.....	5
Abbildung 2: Schematischer Funktionsaufbau einer BHKW Anlage	6
Abbildung 3: Schnittdarstellung eines Mikro BHKW.....	8
Abbildung 4: Kategorisierung von BHKW bezüglich ihrer elektrischen Leistung	9
Abbildung 5: Zuschlag für KWK-Strom in Cent pro Kilowattstunde	18
Abbildung 6: CO ² Ausstoß eines BHKW und herkömmlicher Energieerzeugung	23
Abbildung 7: CO ² Emissionen von Stromerzeugungssystemen.....	24
Abbildung 8: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs eines Gebäudes	30
Abbildung 9: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 1	47
Abbildung 10: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 1	48
Abbildung 11: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 2	48
Abbildung 12: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 2.....	49
Abbildung 13: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 3	50
Abbildung 14: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 3.....	50

Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BHKW	Blockheizkraftwerk
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
GbR	Gesellschaft bürgerlichen Rechts
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
VDI	Verein deutscher Ingenieure

1 Einleitung

In den letzten Jahren sind die Ansprüche an eine Immobilie stetig gewachsen. Neben der Größe, der Lage und der Preisgestaltung spielt für Eigentümer und Nutzer, sowohl bei Neubauten als auch bei Modernisierungen oder Sanierungen eines Objektes, besonders die Energieeinsparung eine wichtige Rolle. Das liegt besonders an den, in den letzten Jahren gestiegenen, Energiepreisen, dem Bemühen um den Klimaschutz und der Minderung der CO² - Emissionen, was dazu veranlasst, intensiver über innovative Versorgungsmöglichkeiten von Gebäuden nachzudenken und deren Einsatz flächendeckend zu verbreiten.

Mit der Energiewende ist die Abkehr von der konventionellen zur nachhaltigen Energieversorgung in Deutschland beschlossen. Allerdings können die Ziele der Energiewende nicht allein durch regenerative Energien erreicht werden. Es gibt jedoch eine ebenfalls nachhaltige Technik, welche es ermöglicht Strom und Wärme mit einem hohen Wirkungsgrad gleichzeitig zu erzeugen und dabei einen Großteil der Energieressourcen, die bei der herkömmlichen Energieerzeugung notwendig wären, einzusparen.

Durch das sogenannte Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann die eingesetzte Brennstoffenergie mit lediglich geringen Verlusten in thermische und elektrische Energie umgewandelt werden. Dieses Prinzip machen sich Blockheizkraftwerke zunutze, um ein Gebäude dezentral mit Strom und Wärme zu versorgen. Der Einsatz der Anlagen stellt somit eine ökologische Art der Energieerzeugung dar und findet nach und nach immer mehr Befürworter.

1.1 Problem- und Zielstellung

Trotz des kontinuierlichen Wachstums des BHKW Marktes in den letzten Jahren, ist der Anteil an KWK erzeugter Energie in Deutschland noch vergleichsweise gering. Das liegt vor allem an der immer noch großen Unkenntnis und Unsicherheit der Bevölkerung, besonders in Bezug auf BHKW Anlagen.

Diese Bedenken gilt es aufzuklären und zu beseitigen, um die Verbreitung der dezentralen Energieerzeugungstechnik, die so viele Vorteile mit sich bringt, zu unterstützen.

Denn der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung, besonders im Hinblick auf Blockheizkraftwerke, besitzt ein wahnsinnig großes Potenzial.

Vor allem der Einsatz im Mehrfamilienhausbereich ist, aufgrund seines großen Anteils am Gebäudebestand in Deutschland, ein wichtiger Faktor, um die Anzahl an KWK-Technologie in Form von BHKW Anlagen in Deutschland zu erhöhen. Um dieses Potenzial abrufen zu können, gilt es allerdings die bestehenden Hemmnisse in der Bevölkerung zu überwinden und die technische sowie wirtschaftliche Attraktivität der Anlagen hervorzuheben, sodass ein Anreiz für die Investition in ein BHKW geschaffen wird.

1.2 Vorgehensweise

Die vorliegende Bachelor Arbeit befasst sich mit den technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten von Blockheizkraftwerken. Dazu werden speziell der Einsatz und die damit verbundenen Besonderheiten sowie die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern betrachtet.

Im hierauf folgenden Kapitel wird das Thema Blockheizkraftwerk im Allgemeinen erläutert. Zu den Grundlagen zählt neben der Begriffsbestimmung insbesondere das Funktionsprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Die Erläuterungen über den Aufbau, die Funktionsweise, Größenklassen, Technologien und Betriebsarten sollen einen umfassenden Überblick zur Technik von Blockheizkraftwerken geben. Im Anschluss soll die Bedeutung von BHKW Anlagen anhand ihres Umwelteinflusses, ihrer Einsatzbereiche und Fördermaßnahmen sowie ihrer steuerlichen Vorteile erklärt werden.

Im 3. Kapitel konzentrieren sich die Ausführungen auf den Einsatz von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern. Als erstes soll die Notwendigkeit von BHKW Anlagen im Mehrfamilienhaussektor begründet werden. Anschließend wird die Vorgehensweise bei der Anlagenplanung und der organisatorischen Planung erläutert, um die anfangs kompliziert wirkenden Vorgänge bei der Anschaffung eines BHKW übersichtlich darzustellen. Des Weiteren sollen rechtliche Grundlagen zur Wärmeversorgung eines MFH durch eine BHKW Anlage erläutert und die verschiedenen Stromlieferkonzepte, im Hinblick auf die Verwertung des vom BHKW erzeugten Stroms, in einem MFH vorgestellt werden. Dadurch sollen, soweit wie möglich, Unklarheiten bei der Verteilung von Strom und Wärme aus einem BHKW in der Wohnungswirtschaft beseitigt werden. Außerdem wird mit der Möglichkeit des Contracting ein alternativer Weg zur Anschaffung eines BHKW aufgezeigt.

Im darauf folgenden Kapitel wird die Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken in Mehrfamilienhäusern behandelt. Um die Daten und Zusammenhänge der anschließend ausgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnung zu verstehen, wird zunächst ein Überblick über Wirtschaftlichkeitsrechnungen und den mit dem BHKW verbundenen Kosten sowie Einsparungen und Erlösen gegeben. Die Berechnung soll den wirtschaftlichen Einsatz von BHKW Anlagen in einem MFH unter verschiedenen Voraussetzungen nachweisen.

Letztlich folgt die Zusammenfassung der Bachelorarbeit, in der eine kritische Betrachtung der Vor- und Nachteile von BHKW Anlagen, speziell im Hinblick auf deren Einsatz in Mehrfamilienhäusern, sowie ein Ausblick auf die zukünftigen Chancen für eine Etablierung am Markt vorgenommen werden.

2 Blockheizkraftwerk Grundlagen

In diesem Kapitel werden zunächst die Grundlagen, sowie der Begriff des Blockheizkraftwerkes näher erläutert.

2.1 BHKW Allgemein

Um die Funktion eines BHKW verstehen zu können ist es zunächst notwendig das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung, auf der die Eigenschaften einer BHKW Anlage beruhen, zu kennen und den Begriff BHKW zu definieren.

2.1.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Unter Kraft-Wärme-Kopplung wird die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer und thermischer Nutzenergie aus anderen Energieformen mittels eines thermodynamischen Prozesses in einer technischen Anlage verstanden.¹ Im Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz) wird die Kraft-Wärme-Kopplung als die gleichzeitige Umwandlung von eingesetzter Energie in elektrische Energie und in Nutzwärme in einer ortsfesten technischen Anlage beschrieben.² Durch das Prinzip der KWK werden elektrische und thermische Energie gleichzeitig nutzbar gemacht, indem der erzeugte Strom bzw. die anfallende Wärmeenergie im System ausgekoppelt werden. Strom und Wärme werden also in einem Prozess erzeugt, wodurch eine deutlich höhere Energieausnutzung als bei getrennter Erzeugung erreicht wird (siehe Abbildung 1).

¹ Vgl. Schaumann, Schmitz 2010, S. 6.

² Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 3 Abs. 1.

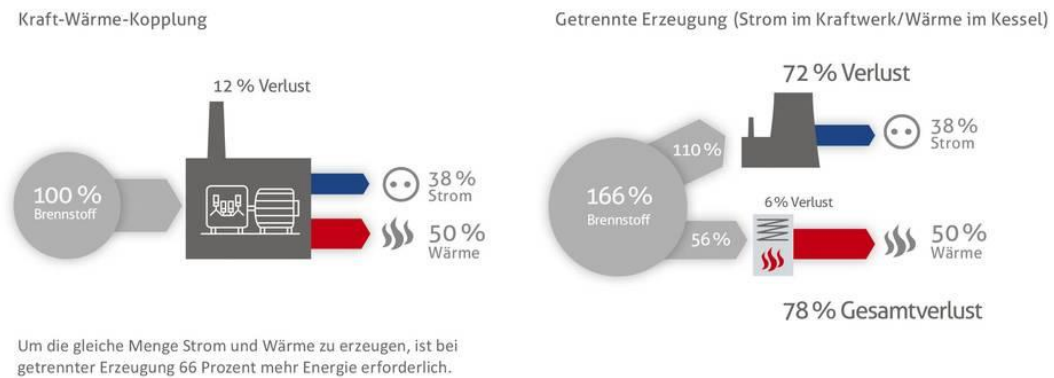


Abbildung 1: KWK im Vergleich mit getrennter Erzeugung von Strom und Wärme³

So sind im Vergleich zur KWK-Erzeugung 66 % mehr Brennstoff erforderlich, um die gleiche Menge an Strom und Wärme durch getrennte Erzeugung zu produzieren. Dabei entstehen insgesamt 78 % Energieverluste bei getrennter Erzeugung in einem durchschnittlichen Kraftwerk bzw. Heizkessel. Durch das Prinzip der KWK gehen lediglich 12 % der eingesetzten Energie verloren, was einen Gesamtnutzungsgrad (Wirkungsgrad) von fast 90 % ergibt.

Sogenannte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zeichnen sich also durch eine besonders rationelle Energieumwandlung aus.⁴ Denn im Gegensatz zur herkömmlichen Stromerzeugung, bei der die freigesetzte Wärmeenergie der Stromerzeugung oft ungenutzt an die Umwelt abgegeben wird, werden dabei hohe Wärmeverluste vermieden. In Heizkraftwerken mit KWK-Technik wird die entstehende Wärmeenergie genutzt und über Nah- oder Fernwärmeleitungen an die Verbraucher weitergeleitet.⁵ Diese lassen sich aufgrund von Transportverlusten allerdings nur in Ballungszentren mit kurzen Lieferwegen wirtschaftlich betreiben, weshalb das Prinzip der KWK auch in kleineren, verbrauchernahen KWK-Anlagen, sogenannten Blockheizkraftwerken, Anwendung findet.⁶

2.1.2 Begriffsbestimmung Blockheizkraftwerk

Blockheizkraftwerke sind anschlussfertige, kompakte, weitgehend standardisierte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur dezentralen Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie.⁷ Sie befinden sich in einem in etwa kühlschrankgroßen Gehäuse („Block“) und

³ Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., o.S..

⁴ Vgl. Schaumann, Schmitz 2010, S. 5.

⁵ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 4.

⁶ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 4.

⁷ Vgl. Suttor 2009, S. 62.

tragen gleichzeitig zur Wärme- („Heiz“) und Stromversorgung („Kraftwerk“) eines Gebäudes bei.⁸ „Der Begriff „Blockheizkraftwerk“ beruht auf der Eigenart des Aggregates, Wärme und Kraft aus einem „Block“, also von einem Gerät, liefern zu können.“⁹ Blockheizkraftwerke werden auch als dezentrale Heizkraftwerke, stromerzeugende Heizung oder Mini-KWK-Anlagen bezeichnet.

2.2 BHKW Technik

2.2.1 Aufbau und Funktionsweise

Ein typisches BHKW besteht im Wesentlichen aus einer Kraftmaschine und einem Generator. Als Kraftmaschine kommen verschiedene Technologien in Frage. Dazu zählen der Verbrennungsmotor, der Stirlingmotor, der Dampfmotor und die Gasturbine.¹⁰ Die allgemeine Funktionsweise einer BHKW Anlage lässt sich an dem in Abbildung 2 dargestellten Schema näher erläutern.

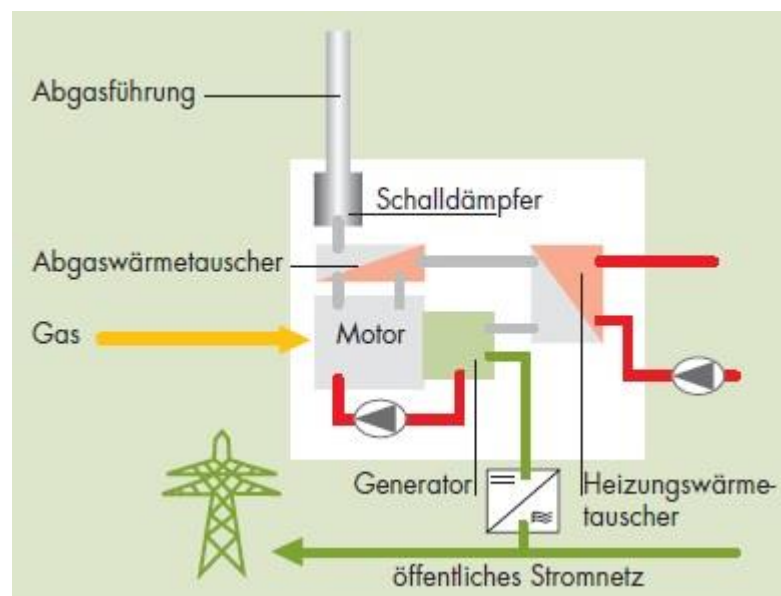


Abbildung 2: Schematischer Funktionsaufbau einer BHKW Anlage¹¹

⁸ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 5.

⁹ Thomas 2011, S. 16.

¹⁰ Vgl. Thomas 2011, S. 41.

¹¹ Milles 2006, S. 3.

Die Kraftmaschine, hier im Schema als Motor bezeichnet, wandelt die durch den Brennstoff (im Schema eingesetzter Brennstoff: Gas) eingesetzte Primärenergie in mechanische und thermische Energie um.¹² Der mit der Kraftmaschine gekoppelte Generator erzeugt elektrische Energie und einen geringen Anteil an thermischer Energie.¹³ Der durch den Generator produzierte Strom steht vor Ort zur Verfügung, wobei überschüssiger Strom in der Regel in das öffentliche Netz eingespeist werden kann.¹⁴ Zur Ausnutzung der anfallenden Abwärme wird ein BHKW-interner Kühlkreislauf betrieben, dessen thermische Energie ausgekoppelt und durch einen oder mehrere Wärmetauscher zu Heizzwecken oder zur Brauchwassererwärmung genutzt werden kann.¹⁵ Die Kraftmaschine und häufig auch der Generator werden dabei direkt wassergekühlt, sodass die dabei anfallende Abwärme durch einen Kühlwasserwärmetauscher nutzbar gemacht wird, während die im Abgas enthaltene Wärme durch den Abgaswärmetauscher zusätzlich in den Kühlkreislauf eingebracht wird.¹⁶ Die Auslegung der Wärmetauscher orientiert sich dabei an den üblichen Temperaturverhältnissen in Heizungsanlagen von 90 Grad Celsius im Vorlauf und 70 Grad Celsius im Rücklauf.¹⁷

Die durch die Kraftmaschine entstehenden Abgase werden in den meisten Fällen (außer bei Stirling- und Dampfmotoren) in der Abgasleitung durch einen Schalldämpfer und einen Katalysator an die Umwelt geleitet, um die Lautstärke bzw. den Schadstoffgehalt zu reduzieren.¹⁸ Abbildung 3 zeigt den Aufbau eines Mikro BHKW in Schnittdarstellung. Darin zu sehen sind alle wichtigen, bereits genannten Komponenten, die für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme notwendig sind.

¹² Vgl. Thomas 2011, S. 19.

¹³ Vgl. Hübelt, Schulze 2013, S. 11.

¹⁴ Vgl. Hübelt, Schulze 2013, S. 11.

¹⁵ Vgl. Hübelt, Schulze 2013, S. 11.

¹⁶ Vgl. Hübelt, Schulze 2013, S. 11.

¹⁷ Vgl. Suttor 2009, S. 74.

¹⁸ Vgl. Thomas 2011, S. 19.

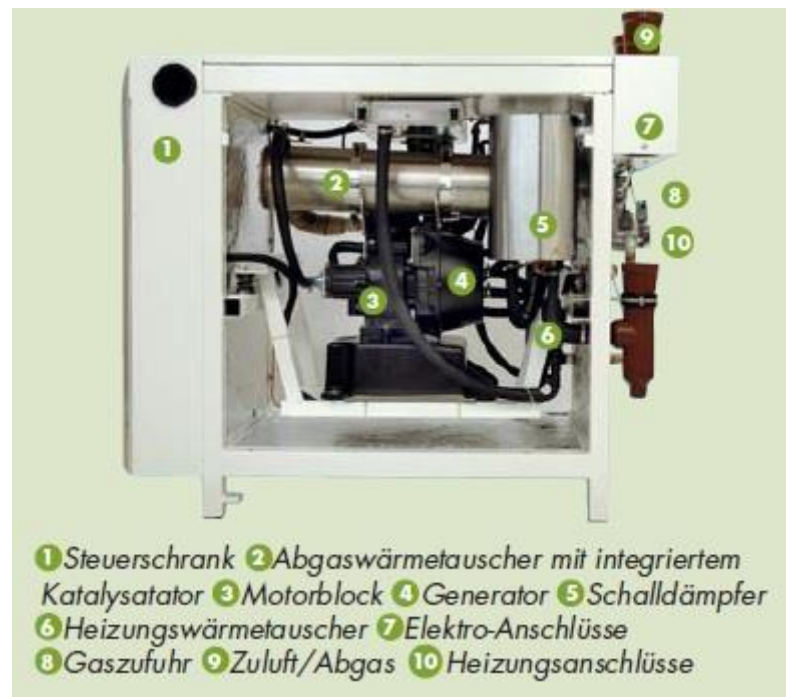


Abbildung 3: Schnittdarstellung eines Mikro BHKW¹⁹

Weitere Komponenten einer BHKW Anlage sind hydraulische Einrichtungen zur Wärmeverteilung, diverse elektrische Schalt- und Steuereinrichtungen zur Stromverteilung bzw. zum Motormanagement, sowie Komponenten zur Brennstoffaufbereitung wie Kraftstofffilter und Vergaser.²⁰

2.2.1 Kategorisierung von BHKW nach dem Leistungsbereich in Größenklassen

BHKW lassen sich durch ihre elektrische Leistung kategorisieren. Diese richtet sich nach dem Strom- und Heizbedarf, der mit dem BHKW gedeckt werden soll.²¹ Der Leistungsbereich definiert die Größe einer BHKW Anlage. Es gibt keine offizielle Kategorisierung der Leistungsbereiche und ihrer Benennung.²² Jeder Hersteller und jede Literatur verwenden andere Abgrenzungswerte für die Bezeichnungen. Als gängige Einteilung gilt allerdings die Unterscheidung der Begriffe Nano-, Mikro-, Mini- und Groß-BHKW. Die in Abbildung 4 dargestellte Tabelle gibt eine geläufige Abgrenzung der einzelnen Bezeichnungen für die Größenklasse bezüglich ihres Leistungsbereiches wieder.

¹⁹ Milles 2006, S. 3.

²⁰ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 8.

²¹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 6.

²² Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 6.

Elektrische Leistung	Bezeichnung	Anwendungsbeispiele
unter 2,5 kW	Nano-BHKW	Ein- bis Zweifamilienhäuser
zwischen 2,5 kW und 15 kW	Mikro-BHKW	Ein- bis Mehrfamilienhäuser
zwischen 15 kW und 50 kW	Mini-BHKW	Mehrfamilienhäuser, Wohnblocks, Kleingewerbe, Ämter
zwischen 50 kW und 5 MW	(Groß-)BHKW	Wohnblocks, Industrie, Ämter
ab 5 MW	Heizkraftwerk	ganze Stadtviertel

Abbildung 4: Kategorisierung von BHKW bezüglich ihrer elektrischen Leistung²³

Nano BHKW bilden dabei die kleinste Klasse mit einer elektrischen Leistung von bis zu 2,5 Kilowatt. Sie finden überwiegend in Ein- bis Zweifamilienhäusern Einsatz. Zwischen ungefähr 2,5 und 15 Kilowatt werden die Geräte als Mikro BHKW bezeichnet. Sie eignen sich für Ein- bis Mehrfamilienhäuser. Die nächst größere Klasse bilden die Mini BHKW Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis zu 50 Kilowatt. Damit lässt sich der Energiebedarf von größeren Mehrfamilienhäusern, Wohnblocks, Kleingewerbegebäuden und Ämtern decken. Als BHKW oder auch Groß BHKW werden Geräte mit einer elektrischen Leistung von 50 Kilowatt bis zu 5 Megawatt bezeichnet. Sie sind für die Installation in Wohnblocks, industriellen Gebäuden, großen Ämtern und größeren Nahwärmenetzen geeignet. Ab einer Leistung von 5 Megawatt spricht man von Heizkraftwerken mit KWK-Technik, welche zum Beispiel für die Energieversorgung eines ganzen Stadtgebietes verantwortlich sind.

Des Weiteren sind BHKW ab einer gewissen Größe mit einer sogenannten Leistungsmodulation verfügbar. Mit diesem modularen Anlagenkonzept kann die Gesamtleistung auf zwei oder mehrere entsprechend kleinere Aggregate aufgeteilt werden.²⁴ Diese werden dann dem Wärmebedarf entsprechend ab- oder zugeschaltet, sodass die BHKW Anlage flexibler in der Erzeugung von Wärme ist.²⁵ Vorteile der Leistungsmodulation sind die bessere Anpassungsfähigkeit an den Heizwärmebedarf und die damit verbundene

²³ Schmitz, Gerlach 2014, S. 7.

²⁴ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 30.

²⁵ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 30.

Erreichung einer höheren Anzahl an Betriebsstunden im Jahr sowie die bedarfsorientierte Erweiterungsmöglichkeit des BHKW.²⁶ Nachteile dieses Anlagenkonzeptes sind höhere Investitions- und Instandhaltungskosten, aufgrund der einzelnen Motoreinheiten.²⁷

2.2.2 BHKW Technologien und Brennstoffe

Grundsätzlich ist die Wahl einer BHKW Technologie abhängig von der Wahl des Brennstoffes und andersrum, da nicht jede BHKW Technologie mit allen verfügbaren Brennstoffen betrieben werden kann. „Die Wahl des BHKW Anlagentyps ist abhängig vom: Wärmebedarf des Verbrauchers, dem gewünschtem Verhältnis von Strom- und Wärmeerzeugung (Stromkennzahl), dem geforderten Temperaturniveau (bspw. Prozesswärme, Heizwärme, Dampfbedarf) des Wärmeverbrauchers, von den Brennstoffpreisen und deren Verfügbarkeit sowie der Wirtschaftlichkeit gegenüber einem Konkurrenzsystem zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme.“²⁸

Die meisten BHKW-Anlagen arbeiten mit Verbrennungsmotoren (Otto- oder Dieselmotor) und werden bereits seit Jahrzehnten in einem breiten Leistungsspektrum vertrieben.²⁹ BHKW können aber auch mittels Mikro-Gasturbine, Stirlingmotor oder Dampfmotor betrieben werden.³⁰ Diese Technologien sind im Demonstrationsstadium oder befinden sich in der Phase der Markteinführung.³¹ Eine Besonderheit unter den BHKW Technologien bildet die Brennstoffzelle, da sie ohne bewegte Teile (Motor, Generator) arbeitet und direkt die chemisch gespeicherte Energie in Strom und Wärme umwandelt.³² Diese Technologie wird als Prototyp untersucht und befindet sich noch im Laborstadium oder im Feldtest.³³

²⁶ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 30.

²⁷ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 30.

²⁸ Wawer, Hohmeier, Seidl 2012, S. 7.

²⁹ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 10.

³⁰ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 10.

³¹ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 10.

³² Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 10.

³³ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 10.

„BHKW Verbrennungsmotoren sind umgebaute oder für den Dauerbetrieb modifizierte Serienbauarten aus der PKW-, LKW-, oder Schiffsmotorenproduktion.“³⁴ Es wird zwischen Gasotomotoren, Dieselmotoren und Diesलगasmotoren unterschieden.³⁵ Gasotomotoren gelten als verbreitetste BHKW Antriebstechnologie und finden in allen Leistungsklassen Anwendung. Sie arbeiten mit hohen Wirkungsgraden über 90 %, sind technisch ausgereift, verfügen jedoch über einen vergleichsweise hohen Wartungsaufwand.³⁶ Als Brennstoff für Gasotomotoren kommen verschiedene Gase in Frage. Dieselmotoren verfügen über sehr hohe Wirkungsgrade mit bis zu 95 %, sind jedoch ähnlich wartungsintensiv wie Gasotomotoren und teurer.³⁷ Der Wirkungsgrad setzt sich, in etwa wie bei Gasotomotoren, aus circa einem Drittel elektrischer Energie und zwei Drittel thermischer Energie zusammen.³⁸ Sie arbeiten mit Diesel und Öl als Brennstoff.³⁹ Diesलगasmotoren, auch Zündstrahlaggregate genannt, arbeiten mit Gas als Hauptbrennstoff und einer kleinen Menge Zündöl zur Entzündung des verdichteten Gas-Luftgemisches.⁴⁰ Zündstrahlmotoren finden meist in Kombination mit einer Biogasanlage in eher mittelgroßen BHKW Anwendung.⁴¹

Stirlingmotoren sind abgasärmer, vibrationsärmer, leiser und weniger wartungsintensiv als Verbrennungsmotoren.⁴² Da sie sich in kleinster Bauart herstellen lassen, sind sie für die kleinen BHKW Leistungsklassen besonders interessant.⁴³ Prinzipiell kann in einem Stirling-Motor jeder Brennstoff verwendet werden, da die Verbrennung außerhalb des Zylinders stattfindet.⁴⁴ Der Wirkungsgrad mit bis zu 90 % ist geringer als bei den klassischen Verbrennungsmotoren und setzt sich zudem aus über 70 % thermischer und nur 15 % elektrischer Energie zusammen.⁴⁵

Mikrogasturbinen verfügen über einen niedrigen Wartungsaufwand, eine hohe Lebensdauer und niedrige Schadstoffemissionen.⁴⁶ Sie arbeiten jedoch mit einem niedrigeren

³⁴ Suttor 2009, S. 63.

³⁵ Vgl. Suttor 2009, S. 63.

³⁶ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 33.

³⁷ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 33.

³⁸ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 32-33.

³⁹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 33.

⁴⁰ Vgl. Suttor 2009, S. 63.

⁴¹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 36.

⁴² Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 34.

⁴³ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 34.

⁴⁴ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 34.

⁴⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 34.

⁴⁶ Vgl. Thomas 2011, S. 79.

Gesamtwirkungsgrad von etwa 80 % und einem leichtfügigeren elektrischen Wirkungsgrad als BHKW mit Verbrennungsmotor.⁴⁷ Die elektrische Leistung von Mikrogasturbinen liegt zwischen 30 und 200 Kilowatt, damit decken sie zum größten Teil die Leistungsbereiche von Mini BHKW und Groß BHKW für größere Mehrfamilienhäuser, Wohnblocks und industriell genutzte Gebäude.⁴⁸ Die Brennstoffe für Mikrogasturbinen sind ebenfalls vielseitig, neben Erd- und Flüssiggas sind auch Heizöl und regenerative Brennstoffe verwendbar.⁴⁹

Dampfmaschinen gelten als eher selten in BHKW eingesetzt.⁵⁰ Sie arbeiten geräusch-, wartungs- und schadstoffarm.⁵¹ Dampfmaschinen BHKW zeichnen sich durch eine hohe Wärmeenergieerzeugung bei geringerem Stromertrag aus, erreichen jedoch einen Gesamtwirkungsgrad von über 90 %.⁵² Ähnlich wie bei Stirlingmaschinen lassen sie sich mit vielfältigen Brennstoffen betreiben. Dazu zählen unter anderem Erdgas, Flüssiggas, Heizöl und regenerative Brennstoffe wie Biogas und feste Biomasse.⁵³

Als zukunftsfähige BHKW Technologie gilt die Brennstoffzelle. „In einer Brennstoffzelle findet kein Verbrennungsvorgang statt, sondern hier werden Strom und Wärme auf elektrochemischen Weg erzeugt.“⁵⁴ Die Vorteile von Brennstoffzellen sind ein extrem hoher elektrischer Wirkungsgrad von bis zu 50 %, eine leise Arbeitsweise, Wartungsfreiheit und in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage, absolute Emissionsfreiheit.⁵⁵ Allerdings können sie bisher nicht wirtschaftlich in BHKW angewendet werden, da die Herstellung noch zu teuer ist.⁵⁶ Es wird jedoch damit gerechnet, dass die Brennstoffzelle viele andere Technologien verdrängen könnte.⁵⁷

Wie bereits erwähnt, ist auch die Wahl des Brennstoffes abhängig von der Wahl der BHKW Technologie. So entscheiden infrastrukturelle, ökologische, örtliche, technische und wirtschaftliche Aspekte darüber, welcher Brennstoff für einen bestimmten Anwen-

⁴⁷ Vgl. Thomas 2011, S. 79.

⁴⁸ Vgl. Milles 2006, S. 4.

⁴⁹ Vgl. Thomas 2011, S. 78.

⁵⁰ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 35.

⁵¹ Vgl. Thomas 2011, S. 83.

⁵² Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 35.

⁵³ Vgl. Thomas 2011, S.82-83.

⁵⁴ Milles 2006, S. 4.

⁵⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 36.

⁵⁶ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 36.

⁵⁷ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 36.

dungsfall am besten geeignet ist. Es wird zwischen fossilen und regenerativen Brennstoffen unterschieden. Außerdem unterscheiden sich die Brennstoffe in ihren Aggregatzuständen.

Die meisten BHKW Anlagen arbeiten mit Erdgas als Brennstoff, denn aufgrund des sehr gut ausgebauten Erdgasnetzes in Deutschland, besitzt so gut wie jedes Gebäude einen Gasanschluss.⁵⁸ Da kein separates Depot für den Brennstoff benötigt wird, fällt der Installationsaufwand deutlich geringer aus. Ein weiterer Vorteil von Erdgas BHKW ist die vergleichsweise umweltfreundliche Verbrennung, wodurch sich die Wartungsintensität verringert und die Lebensdauer verlängert.⁵⁹ Falls kein Gasanschluss vorhanden ist, gelten Flüssiggas und Heizöl als Alternativen zu Erdgas.⁶⁰ Allerdings haben sie einen höheren Kosten- und Platzbedarf, weil ein stationärer Tank für die Brennstofflagerung notwendig ist.⁶¹ Weitere fossile Brennstoffe für BHKW Anlagen sind Diesel, Stein- und Braunkohle sowie Mineralöle.⁶²

Die Zukunft sollte allerdings den regenerativen Brennstoffen gehören. Dazu zählt insbesondere Biomasse. Darunter versteht man Brennstoffeinsätze, die aus nachwachsenden Rohstoffen oder biologischen Gärungsprozessen gewonnen werden.⁶³ Das Besondere an den Biomasseprodukten ist, dass sie bei der Verbrennung maximal so viel CO₂ freisetzen, wie in den jeweiligen Rohstoffen durch Wachstum gebunden wurde.⁶⁴ Holzbrennstoffe wie Hackschnitzel und Pellets werden besonders bei kleineren BHKW eher selten angewendet, da ein separater Lagerraum und ein Förderband notwendig und mit höheren Anschaffungskosten verbunden sind.⁶⁵ Biogas wird meist in landwirtschaftlichen Betrieben aus Pflanzen und Tiergülle gewonnen und eignet sich ebenfalls als BHKW Brennstoff.⁶⁶ Es stellt eine sehr umweltfreundliche Energiegewinnung dar.⁶⁷ Andere nachwachsende Brennstoffe für BHKW Anlagen sind Klär- und Deponiegase, Biomethan, Biodiesel, Grubengas und Pflanzenöl.⁶⁸

⁵⁸ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 39.

⁵⁹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 39.

⁶⁰ Vgl. Suttor 2009, S. 73.

⁶¹ Vgl. Suttor 2009, S. 73.

⁶² Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., S. 5.

⁶³ Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., S. 13.

⁶⁴ Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., S. 13.

⁶⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 42.

⁶⁶ Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., S. 5.

⁶⁷ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 40.

⁶⁸ Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., S. 5.

Trotz einer höheren Einspeisevergütung für Strom nach dem EEG ist die Anschaffung und der Betrieb eines BHKW mit nachwachsenden Brennstoffen in der Regel weniger wirtschaftlich, als mit den bewährten fossilen Energieträgern. So gelten regenerativ betriebenen BHKW auch als weniger verbreitet. Unter den fossilen Energieträgern ist Erdgas der umweltfreundlichste Brennstoff mit der besten Versorgungsstruktur. Es gilt zudem als wirtschaftlichste Variante und ist somit nicht umsonst der am häufigsten eingesetzte Brennstoff für eine BHKW Anlage.

2.2.3 Betriebsweisen

Damit ein wirtschaftlicher Betrieb des BHKW gewährleistet werden kann, ist eine genaue Anpassung an den Strom- und Wärmebedarf der angeschlossenen Abnehmer erforderlich.⁶⁹ Um den verschiedenen Anforderungen gerecht zu werden, sind BHKW Anlagen mit entsprechenden Steuer- und Regelgeräten ausgerüstet.⁷⁰ So können die Module auf verschiedene Betriebsweisen ausgelegt werden.

Für Blockheizkraftwerke sind folgende Betriebsweisen bekannt:

In der wärmegeführten Betriebsweise richtet die BHKW Anlage seine Leistungsabgabe nach dem lokalen Wärmebedarf des zu beheizenden Gebäudes.⁷¹ Das bedeutet, dass das BHKW seine Heizleistung je nach aktuellem Wärmebedarf ab- oder zuschaltet. Es wird empfohlen, die Leistung des BHKW nach der Wärme Grundlast auszurichten, um den Motor gleichmäßiger zu beanspruchen und somit Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer zu erhöhen.⁷² Spitzenlasten können mithilfe eines Spitzenlastkessels und kurzfristige Schwankungen mithilfe eines Wärmespeichers abgedeckt werden.⁷³ Der dabei produzierte Strom kann entweder direkt am Ort der Erzeugung verbraucht oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Dabei sind BHKW Anlagen in der Regel auf eine Überstrom einspeisung geschaltet.⁷⁴ So wird zuerst ein Stromabnehmer am Ort der Erzeugung gesucht, falls kein Abnahmebedarf herrscht, wird er eingespeist und vergütet.⁷⁵

⁶⁹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 16.

⁷⁰ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 16.

⁷¹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 25.

⁷² Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 16.

⁷³ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 16.

⁷⁴ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 26.

⁷⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 26.

„Bei stromgeführten Anlagen wiederum richtet sich der Betrieb des BHKW nach dem Strombedarf.“⁷⁶ Das Gerät ist vorrangig auf die Erzeugung von Strom ausgerichtet. Die BHKW Anlage ist dabei so konzipiert, dass sie einen gewissen Mindeststrombedarf deckt und dabei hilft, auftretende Leistungsspitzen abzubauen.⁷⁷ Sollte keine direkte Verwertung der parallel anfallenden Wärme möglich sein, kann diese durch einen Wärmepufferspeicher für eine spätere Nutzung gespeichert werden.⁷⁸ Allerdings übersteigt die anfallende Wärme oft die Aufnahmekapazitäten der Pufferspeicher, was den eigentlichen Vorteil der doppelten Energieerzeugung verstreichen lässt. Diese Betriebsweise wird vorrangig im gewerblichen Bereich eingesetzt, um den Einkauf von teuren Stromspitzen zu vermeiden oder zu verringern.⁷⁹

Durch eine kombiniert wärme- und stromgeführte Betriebsweise wird das BHKW zunächst wie bei Wärmeführung für die Deckung der Wärmegrundlast konzipiert und die Wärmeanforderung wird als 1. Führungsgröße für die Leistungsregelung des BHKW festgelegt.⁸⁰ Dabei kommt es aber zunächst darauf an, einen möglichst hohen Anteil der Wärmegrundlast und der Stromgrundlast gleichzeitig abzudecken, um eine hohe Auslastung des BHKW zu erreichen.⁸¹ Diese Betriebsweise empfiehlt sich besonders für regelmäßig wiederkehrende Verläufe des täglichen Strombedarfs und einer konstanten Stromgrundlast.⁸²

Im netzgeführten Betrieb hat eine zentrale Stelle die Kontrolle über ein Netz aus mehreren BHKW Anlagen, welche je nach Bedarf ab- oder zugeschalten werden.⁸³ Somit können der genaue Strombedarf sowie auftretende Spitzenlasten gedeckt werden.

Darüber hinaus können BHKW Anlagen im Netzparallel- oder im Inselbetrieb betrieben werden.⁸⁴ Bei einem Netzparallelbetrieb wird das BHKW an das öffentliche Stromnetz angeschlossen, um den kompletten oder überschüssig produzierten Strom einzuspei-

⁷⁶ Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 11.

⁷⁷ Vgl. Schulz, Westkämper 2013, S. 110.

⁷⁸ Vgl. Thomas 2011, S. 105.

⁷⁹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 18.

⁸⁰ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 19.

⁸¹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 19.

⁸² Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 19.

⁸³ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 27.

⁸⁴ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 25.

sen. Ein Inselbetrieb wird dort angewendet, wo kein Anschluss an das öffentliche Stromnetz vorhanden ist. Das BHKW gewährleistet somit eine autarke Strom- bzw. Wärmeversorgung.⁸⁵

Außerdem ist es durch entsprechende elektrotechnische Ausrüstung möglich, dass eine BHKW Anlage im Netzersatzbetrieb arbeitet, um bei Stromausfall als Notstromaggregat zu dienen.⁸⁶

2.3 Einsparungs- und Finanzierungsmöglichkeiten von BHKW

2.3.1 Fördermaßnahmen und Steuereinsparungen

Die im Folgenden aufgezeigten Fördermaßnahmen beziehen sich zumeist auf den übergeordneten Begriff KWK-Anlage, welcher BHKW einschließt. Die Voraussetzungen für einen Förderzuschuss sind oft sehr umfangreich und je nach Förderprogramm verschieden. Sie sollten bereits vor der Planung in Erfahrung gebracht werden, um sicherzustellen, dass der Förderbescheid erteilt wird. KWK-Anlagen, welche in Gebieten mit KWK-Fernwärmeversorgung liegen, sind in der Regel nicht förderfähig.

Um die vergleichsweise hohen Anschaffungskosten für ein BHKW stemmen zu können, gibt es spezielle Förderprogramme, welche durch Investitionszuschüsse einen Anreiz für die Anschaffung eines BHKW setzen sollen. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau, auch als KfW Förderung bekannt, fördert durch Darlehen mit besonders günstigen Zinsen und Zuschüssen Investitionen in Anlagen und Maßnahmen, die Energie sparen und den Kohlendioxidausstoß reduzieren.⁸⁷ So lässt sich eine KfW Förderung auch für BHKW Anlagen durch verschiedene KfW Förderprogramme, wie zum Beispiel energieeffiziente Sanierungsmaßnahmen, in Anspruch nehmen.⁸⁸

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, kurz BAFA, zahlt Investitionszuschüsse für Blockheizkraftwerke bis 20 Kilowatt elektrischer Leistung, welche in den "Richtlinien zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kWel" verankert sind.⁸⁹ Die Höhe

⁸⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 25.

⁸⁶ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 15.

⁸⁷ Vgl. Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 23.

⁸⁸ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 47.

⁸⁹ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 47.

der Förderung richtet sich nach der elektrischen Leistung des BHKW.⁹⁰ Besonders energieeffiziente BHKW Anlagen können zusätzlich einen prozentualen Bonus als Zuschlag auf die Basisförderung erhalten.⁹¹ Den sogenannten Wärmeeffizienzbonus erhalten BHKW mit einem (zweiten) Abgaswärmetauscher zur Brennwertnutzung und einem Anschluss an ein hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem.⁹² Anlagen mit einem besonders hohen elektrischen Wirkungsgrad steht ab einem bestimmten elektrischen Wirkungsgrad ein Stromeffizienzbonus in Höhe von 60 % zu.⁹³

Das insgesamt in Deutschland noch nicht ausgeschöpfte Energieeinsparpotenzial durch KWK-Anlagen, insbesondere durch BHKW, hat den Gesetzgeber dazu bewogen, KWK-Anlagen durch das KWK-Gesetz zu fördern. „Zweck des Gesetzes ist es, im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in der Bundesrepublik Deutschland auf 25 Prozent bis zum Jahr 2020 durch die Förderung der Modernisierung und des Neubaus von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen), die Unterstützung der Markteinführung der Brennstoffzelle und die Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärme- und Kältenetzen sowie des Neu- und Ausbaus von Wärme- und Kältespeichern, in die Wärme oder Kälte aus KWK-Anlagen eingespeist wird, zu leisten.“⁹⁴ Diese Ziele sollen unter anderem über Zuschlagszahlungen für jede durch KWK erzeugte Kilowattstunde Elektrizität für die Betreiber der begünstigten Anlagen erreicht werden. Laut Gesetz ist der Stromnetzbetreiber verpflichtet, KWK-Anlagen im Sinne des KWK-Gesetzes unverzüglich an das Stromnetz anzuschließen, den damit erzeugten Strom vorrangig abzunehmen, zu verteilen, zu übertragen und zu vergüten.⁹⁵ Die Vergütung für Betreiber einer KWK-Anlage setzt sich zusammen aus dem KWK Zuschlag, einer Vergütung für eingespeisten Strom in Höhe des durchschnittlichen Preises für Grundlaststrom an der Strombörse aus dem letzten Quartal und einem Teil der Netznutzungsentgelte, der durch die dezentrale Einspeisung vermieden wird.⁹⁶ Die Tabelle in Abbildung 5 gibt eine Übersicht über den im KWK-Gesetz verankerten KWK Zuschlag für den durch KWK-Anlagen erzeugten Strom. Seit der letzten Novellie-

⁹⁰ Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle o.J., o.S.

⁹¹ Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle o.J., o.S.

⁹² Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle o.J., o.S.

⁹³ Vgl. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle o.J., o.S.

⁹⁴ Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 1.

⁹⁵ Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 4 Abs. 1.

⁹⁶ Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 4 Abs. 3.

rung des KWK-Gesetzes 2012 spielt es dabei keine Rolle, ob der Strom ins Netz eingespeist oder selbst genutzt wird. Der Zuschlag richtet sich nach der Art der förderfähigen KWK-Anlage und derer elektrischen Leistung. Er kann vom Betreiber wahlweise für einen gewissen Zeitraum oder eine bestimmte Anzahl an Vollbetriebsstunden (Vbh) in Anspruch genommen werden.

Förderfähige Anlagen	kleine KWK-Anlagen		Brennstoffzellen-Anlagen	sonstige Neuanlagen ab 2 MW	modernisierte KWK-Anlagen		nachgerüstete KWK-Anlagen ab 2 MW
	bis 50 kW	über 50 kW bis 2 MW			bis 50 kW	über 50 kW	
Förderhöhe für den Leistungsanteil bis 50 kW	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41
über 50 kW bis 250 kW	–	4,00	5,41	4,00	–	4,00	4,00
über 250 kW bis 2 MW		2,40	5,41	2,40		2,40	2,40
über 2 MW		–	5,41	1,80/2,10		1,80/2,10	1,80/2,10
Förderdauer	wahlweise 10 Jahre oder 30.000 Vbh	30.000 Vbh	wahlweise 10 Jahre oder 30.000 Vbh	30.000 Vbh	wahlweise 5/10 Jahre oder 15.000/30.000 Vbh	15.000/30.000 Vbh	10.000/15.000/30.000 Vbh

Abbildung 5: Zuschlag für KWK-Strom in Cent pro Kilowattstunde⁹⁷

Außerdem werden durch das KWK-Gesetz der Ausbau von Wärme- und Kältenetzen sowie die Installation von Wärme- und Kältespeichern bezuschusst.

Ein weiteres Förderinstrument für KWK-Anlagen ist die Vergütung der Stromeinspeisung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Dieses Gesetz stellt eine Alternative für die Vergütung nach dem KWK-Gesetz dar, insofern die Anlagen mit regenerativen Energieträgern betrieben werden. Es dient der Beschleunigung des Ausbaus von Energieversorgungsanlagen mit erneuerbaren Energieträgern.⁹⁸ Die finanzielle Förderung steht dem Betreiber der zu fördernden Anlage über 20 Jahre zuzüglich des Jahres der Inbetriebnahme für dessen regenerativ erzeugten Strom in Form einer Einspeisevergütung oder einer Marktprämie zu.⁹⁹ Die Vergütung ist in der Regel höher als nach dem KWK-Gesetz und abhängig von der elektrischen Leistung der KWK-Anlage sowie des darin eingesetzten Brennstoffes. Vor allem Bioerdgas gilt als ein interessanter regenerativer Brennstoff für BHKW Anlagen.

⁹⁷ Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 22.

⁹⁸ Vgl. Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 23.

⁹⁹ Vgl. Erneuerbare-Energien-Gesetz 2015, § 22.

BHKW Anlagen im Neubau gelten als angemessene Ersatzmaßnahme für den für Neubauten vorgeschriebenen Einsatz von erneuerbaren Energien, welcher durch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vorgeschrieben wird.¹⁰⁰

Darüber hinaus gibt es weitere Gesetze, Richtlinien und Programme, die Investitionen in KWK-Anlagen unterstützen sollen.¹⁰¹ Dazu gehören Regelungen in der Energieeinsparverordnung sowie spezielle Förderprogramme von vielen Kommunen und Bundesländern.

Zusätzlich liefern auch Steuereinsparungen Anreize zur Verbreitung dezentraler Energieversorgungsstrukturen.¹⁰² So kann laut § 3 des Energiesteuergesetzes und § 9 Stromsteuergesetzes die Energiesteuer für den Blockheizkraftwerk Brennstoff erstattet und die Stromsteuer, bei einer Nennleistung der Anlage bis zu 2 MW, auf selbstgenutzten Strom eingespart werden.¹⁰³ Allerdings ist gemäß § 53a des Energiesteuergesetzes eine vollständige Erstattung der Energiesteuer für den im BHKW verwendeten Brennstoff nur in der Abschreibungsphase der Anlage oder über den festgelegten Zeitraum von 10 Jahren möglich.¹⁰⁴ Außerdem muss das BHKW einen Jahresnutzungsgrad von 70 % erreicht haben und hocheffizient im Sinne der Anlage III der EU-Richtlinie 2004/8/EG sein.¹⁰⁵ Falls diese Vorgaben nicht erreicht werden, ist eine teilweise Steuerentlastung nach § 53b unter der Voraussetzung eines Jahresnutzungsgrades von 70 % möglich.¹⁰⁶

Des Weiteren sind für nach dem 01.08.2014 ans Netz gegangene BHKW zur Eigenversorgung momentan lediglich 30 % der EEG-Umlage zu entrichten, sofern die BHKW Anlage hocheffizient im Sinne des § 53a Abs.1 Satz 3 des Energiesteuergesetzes arbeitet.¹⁰⁷ Allerdings wird der zu entrichtende Anteil der EEG-Umlage in den nächsten Jahren sukzessive auf 40 % angehoben.¹⁰⁸

¹⁰⁰ Vgl. Suttor 2009, S. 22.

¹⁰¹ Vgl. Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 23.

¹⁰² Vgl. Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 23.

¹⁰³ Vgl. DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH o.J., o.S..

¹⁰⁴ Vgl. Binde u.a. 2014, S. 14.

¹⁰⁵ Vgl. Binde u.a. 2014, S. 14.

¹⁰⁶ Vgl. Binde u.a. 2014, S. 14.

¹⁰⁷ Vgl. Raetsch 2014, S. 1.

¹⁰⁸ Vgl. Raetsch 2014, S. 1.

Durch eine Gewerbeanmeldung ist es möglich, eine Erstattung der Umsatzsteuer für selbst genutzten Strom zu erhalten. So erhält der Unternehmer die Vorsteuer aus der Anschaffung und dem Anlagenbetrieb des BHKW durch den Vorsteuerabzug und senkt damit seine Investitions- und Betriebskosten.¹⁰⁹

Ferner kann der Eigentümer bzw. Vermieter eines Mehrfamilienhauses seine Anschaffungskosten für das BHKW ohne Zustimmung der Mieter auf die Kaltmieten umlegen, da die Installation der Anlage als Modernisierung im Sinne des Mietrechts gilt.¹¹⁰

2.3.2 Contracting

Als großes Hindernis für die Anschaffung eines BHKW gelten vor allem die hohen Anschaffungskosten. Eine sehr interessante Alternative für Gebäudeeigentümer oder Wohnungseigentümergeinschaften ein BHKW zu finanzieren, ohne die hohen Investitionskosten stemmen zu müssen, besteht im sogenannten Contracting (auch als Anlagencontracting bezeichnet). „Hierbei übernimmt ein externer Dritter, ein sogenannter Contractor, die Investition und auch die Betriebsführung einer BHKW-Anlage mit allen damit verbundenen Aufgaben.“¹¹¹ Dazu wird in der Regel ein Vertrag zwischen dem Contractor und dem Eigentümer geschlossen, mit dem Ziel, die Nutzer des Objektes mit Strom und Wärme zu versorgen.¹¹² Darin sollten Vereinbarungen über den Strom- bzw. Wärmepreis und etwaige Preisanpassungen, die Laufzeit, die Entrichtung der EEG-Umlage, die KWK-Vergütung, das Eigentum am BHKW und die Leistungen des Contractors berücksichtigt werden.¹¹³ Die notwendigen Verträge mit dem Stromnetzbetreiber, das Einholen von Genehmigungen und Zulassungen sowie sonstige rechtliche Anforderungen liegen in der Hand des Contractors.¹¹⁴ Das BHKW steht dabei zumeist in seinem Eigentum und wird durch den mit dem Kunden vereinbarten Strom- und Wärmelieferpreis und der Vergütung für erzeugten bzw. eingespeisten Strom finanziert.¹¹⁵ Der Contractor ist verantwortlich für die Planung, Umsetzung, Finanzierung, den laufenden Betrieb, die Wartung sowie die Entsorgung einer Anlage und damit auch für die Strom- und Wärmelieferung des Gebäudes, je nach vertraglicher Gestaltung, auch wenn das

¹⁰⁹ Vgl. Binde u.a. 2014, S. 10.

¹¹⁰ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

¹¹¹ Arthkamp, Nowak 2015, S. 31.

¹¹² Vgl. Suttor 2009, S. 122.

¹¹³ Vgl. Suttor 2009, S. 122.

¹¹⁴ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 31.

¹¹⁵ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 29.

BHKW nicht genügend Strom oder Wärme erzeugt.¹¹⁶ Einen Sonderfall bildet eine Vereinbarung über eine Direktversorgung der Mieter, wodurch der Contractor auch unmittelbar mit dem Mieter einen Strom- und Wärmeliefervertrag abschließen kann, ohne dass der Hauseigentümer daran beteiligt ist.¹¹⁷

Contracting für BHKW Anlagen wird von Energieversorgungsunternehmen, Energieagenturen, spezialisierte Ingenieur- und Beratungsbüros sowie Installationsunternehmen im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung angeboten.¹¹⁸

Der Vorteil dieses Modells ist die Möglichkeit KWK erzeugte Energie zu Marktpreisen zu beziehen, ohne direkt die hohen Anschaffungskosten und Kosten für notwendige Ersatz- oder Neuinvestitionen tragen zu müssen.¹¹⁹ Aber es bestehen auch Nachteile. Denn der Eigentümer ist abhängig vom Contractor und es ist ihm nicht möglich, eine Rendite durch den Einsatz eines BHKW zu erwirtschaften.¹²⁰

2.4 Bedeutung von BHKW

2.4.1 Ökologische Bedeutung

Globale Klimaerwärmung, erhöhter CO₂ Gehalt in der Luft – die Ursachen des Klimawandels werden vor allem auf das Verbrennen fossiler Brennstoffe zurückgeführt. Zur Vermeidung der unvorhersehbaren Folgen der Klimaveränderungen hat die Bundesregierung unter anderem für die Hauptziele der Energiewende die Steigerung der Energieeffizienz und die Reduktion der Treibhausgasemissionen ausgerufen.¹²¹ Der Gebäudesektor beansprucht etwa 40 % des gesamten Energieverbrauches sowie 50 % aller der Natur entnommenen Rohstoffe für die Energieerzeugung und ist mit etwa 35 % an den Treibhausgasemissionen beteiligt.¹²² Aus diesem Grund spielt die emissionsarme und nachhaltige Energieversorgung des Gebäudesektors eine große Rolle, um die Ziele des

¹¹⁶ Vgl. Investitionsbank Schleswig-Holstein 2013, S. 12.

¹¹⁷ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 32.

¹¹⁸ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 37.

¹¹⁹ Vgl. Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH 2014, S. 23.

¹²⁰ Vgl. Schmitz, Gerlach 2009, S. 50.

¹²¹ Vgl. Umweltbundesamt 2014, o.S..

¹²² Vgl. Baron 2014, S. 28.

Klimaschutzes zu erreichen. So soll laut Bundesregierung der Wärmebedarf des Gebäudebestandes bis 2020 um 20 Prozent sinken.¹²³ Durch die EU-Richtlinien werden die Ziele des Klimaschutzes weiter verschärft. „Sie sehen vor, dass Gebäude, die nach dem 31. Dezember 2020 realisiert werden, den Energiebedarf im Wesentlichen selbst erzeugen müssen und bis spätestens 2050 die Treibhausgase um 80 % reduziert werden.“¹²⁴

BHKW Anlagen können in vielerlei Hinsicht einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die besagten Ziele des Klimaschutzes zu erreichen. Ein wichtiger Aspekt des Klima- und Umweltschutzes ist die Ressourcenschonung. Moderne BHKW arbeiten mit Wirkungsgraden von etwa 90 %, herkömmliche Kraftwerke hingegen mit circa 50 %.¹²⁵ Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel des eingesetzten Brennstoffes in brauchbare Energie umgesetzt wird. Daraus lässt sich ableiten, dass fast die Hälfte des verwendeten Energieträgers bei konventioneller Stromerzeugung verschwendet wird. Durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme wird der Einsatz der Primärenergie bei BHKW Anlagen im Vergleich zur herkömmlichen Stromerzeugung erheblich reduziert und somit dazu beigetragen, wertvolle Ressourcen so effizient wie möglich zu nutzen. Des Weiteren werden durch die dezentrale Energieerzeugung in einem BHKW Übertragungsverluste bei zentraler Energieversorgung vermieden.

Die Schonung wertvoller Primärenergie trägt außerdem zu einer Verminderung der Schadstoffemissionen bei. So liegt, wie in Abbildung 6 zu sehen, der CO₂ Ausstoß durch die Kraft-Wärme-Kopplung rund ein Drittel niedriger als bei getrennter Wärme- und Stromgewinnung.¹²⁶

¹²³ Vgl. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung o.J., o.S..

¹²⁴ Baron 2014, S. 29.

¹²⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 17.

¹²⁶ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 17.

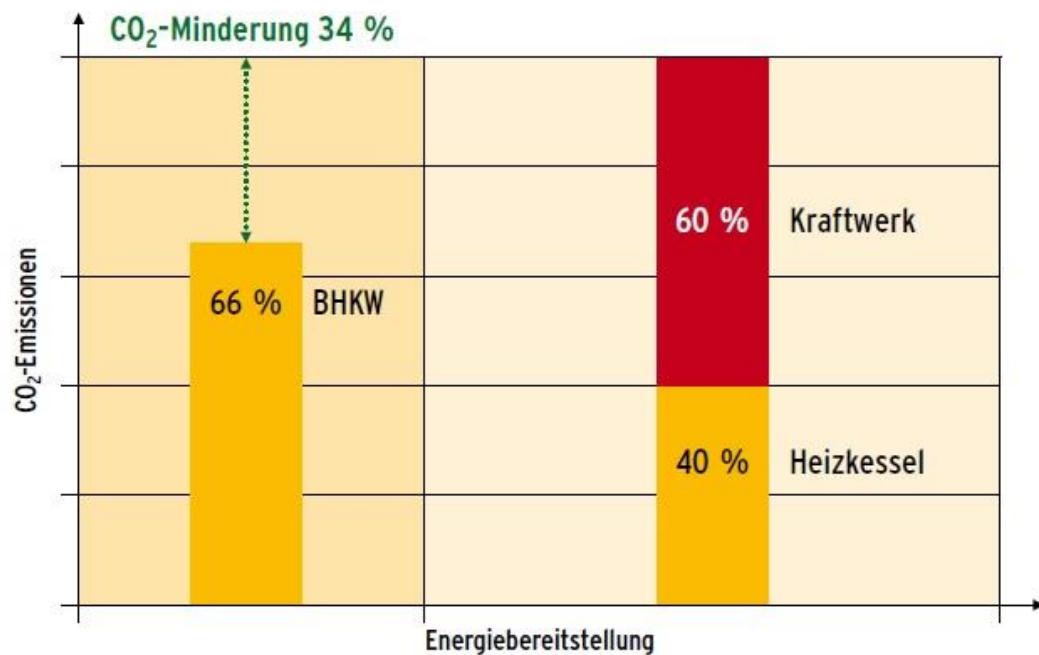


Abbildung 6: CO₂ Ausstoß eines BHKW und herkömmlicher Energieerzeugung¹²⁷

Hinzu kommt, dass die meisten BHKW mit Erdgas betrieben werden.¹²⁸ Da Erdgas einen höheren Wasserstoffanteil enthält als Kohle, entsteht bei der Verbrennung wesentlich weniger CO₂ pro eingesetzter Kilowattstunde Primärenergie, als bei der herkömmlichen Stromerzeugung durch die Verbrennung von beispielsweise Kohle.¹²⁹ Darüber hinaus ist es möglich, BHKW Anlagen mit voll regenerativen Brennstoffen zu betreiben, was zu einer zusätzlichen Reduzierung der Umweltbelastung führt.

In Abbildung 7 werden verschiedene Stromerzeugungssysteme bezüglich ihres CO₂ Ausstoßes in Gramm pro Kilowattstunde dargestellt. Bei den durch die GEMIS berechneten Werten, fließen nicht nur die unmittelbaren Emissionen aus der Verbrennung in der Anlage ein, sondern auch die Produktion und der Transport der Brennstoffe sowie die Herstellung der Anlagen.¹³⁰ Während konventionelle Braun- und Steinkohlekraftwerke mit 900 bis 1000 g/kWh über sehr hohe CO₂ Emissionen verfügen, weisen KWK Anlagen trotz desselben Brennstoffeinsatzes schon deutlich niedrigere Emissionswerte auf. Der CO₂ Ausstoß von erdgasbetriebenen BHKW Anlagen liegt mit circa 200 g/kWh

¹²⁷ Müller u.a. 2009, S. 8.

¹²⁸ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 7.

¹²⁹ Vgl. Deutscher Caritasverband e. V. 2013, o.S..

¹³⁰ Vgl. Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., o.S..

nur knapp hinter den regenerativen Energiequellen wie Fotovoltaik und Wasserkraft (etwa 100 bzw. 50 g/kWh). Biogas BHKW glänzen sogar mit einer positiven CO₂ Bilanz.

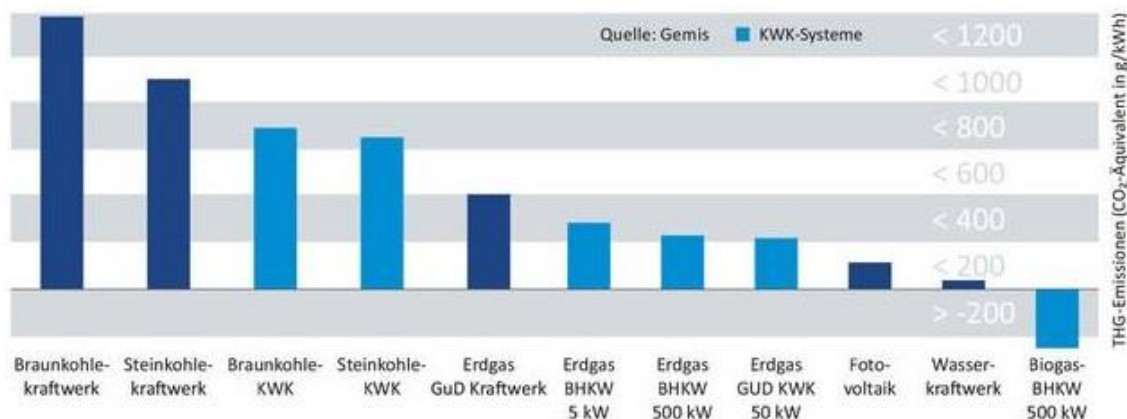


Abbildung 7: CO₂ Emissionen von Stromerzeugungssystemen¹³¹

BHKW Anlagen gelten zwar als umweltfreundlich, stoßen jedoch in der Regel trotzdem eine nicht zu verachtende Menge an Schadstoffen bei der Energieerzeugung aus. Deshalb sind sie auch nicht als gleichwertig mit den regenerativen Energieerzeugungstechniken anzusehen, gelten jedoch als gute Alternative. Da in Deutschland allerdings noch rund 60 % des Stroms in den besonders umweltbelastenden Kohle- oder Atomkraftwerken produziert wird und diese bei der Energiewende nur zu einem geringen Teil aus regenerativen Energiequellen ersetzt werden können, nehmen BHKW Anlagen eine zentrale Rolle bei der Verdrängung der fossilen Kraftwerke im Rahmen der Energiewende ein.¹³² Die Installation eines BHKW leistet also einen nachhaltigen Beitrag zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzes, trägt besonders im Hinblick auf die bevorstehende Energiewende zur Schonung der Umwelt bei und gilt als Klimaschutzmaßnahme, die sofort wirkt.

2.4.2 Einsatzbereiche

BHKW können wegen ihrer kompakten Bauweise unterschiedlichsten Bedarfsfällen angepasst werden.¹³³ Das macht sie hinsichtlich ihrer Einsatzbereiche sehr flexibel. Der Einsatz eines BHKW gilt bei nahezu gleichzeitigem Bedarf an Wärme und Strom, möglichst ganzjährigen thermischen Grundlasten für die Erreichung hoher Volllaststunden

¹³¹ Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) o.J., o.S..

¹³² Vgl. Deutscher Caritasverband e. V. 2013, o.S..

¹³³ Vgl. Recknagel, Sprenger, Schramek 2007, S. 654.

und einer möglichst hohen Eigennutzung des erzeugten Stroms als wirtschaftlich rentabel.¹³⁴ Für eine optimale Nutzung gilt, dass die Anlage rund 5.000 Betriebsstunden im Jahr erreichen sollte und während des Betriebs ein halbwegs gleichmäßiger Wärmebedarf im Gebäude gewährleistet ist.¹³⁵

Ein wichtiges Einsatzfeld von BHKW Anlagen ist die Wohnungswirtschaft. Besonders geeignet ist der Einsatz in Nahwärmenetzen für Wohnsiedlungen sowie in Mehrfamilien- und Reihenhäusern. Mittlerweile gibt es aber auch für den großen Bestand an Ein- und Zweifamilienhäusern BHKW Anlagen im kleinsten Leistungsbereich, die auf den Strom- und Wärmebedarf von privaten Haushalten angepasst sind.¹³⁶

Aber auch Öffentliche Einrichtungen, mit hohem Strom- und Wärmebedarf, eignen sich für den Einsatz von BHKW. Dazu zählen insbesondere Schwimmbäder, Sportstätten, Krankenhäuser, Altenheime, Bildungseinrichtungen und Verwaltungsgebäude. Gerade Schwimmbäder sind aufgrund ihres ganzjährigen Wärmebedarfs für die Beckenwassererwärmung und die Duschbereiche sowie des weitgehend konstanten Strombedarfes für die Umwälzpumpen und Lüftungsanlagen prädestiniert für einen wirtschaftlichen Einsatz eines BHKW.¹³⁷ Auch Krankenhäuser bieten durch den täglichen Betrieb sowie einen hohen Heizwärme-, Warmwasser- und Strombedarf besonders gute Voraussetzungen für den Einsatz von BHKW Anlagen.¹³⁸

Die Einsatzmöglichkeiten für BHKW in den unterschiedlichen Branchen des Gewerbe- und Industriebereiches sind sehr vielfältig.¹³⁹ Mögliche Einsatzgebiete sind Bürogebäude, Fitnesscenter, Hotels, Gaststätten und weitere Gewerbe mit erhöhtem Wärmebedarf.¹⁴⁰ Darüber hinaus ist die Verwendung der elektrischen Energie für Produktionsvorgänge und der thermischen Energie für Prozesswärme, vor allem für Fertigungsbetriebe interessant.¹⁴¹ Speziell in Schichtbetrieben kann aufgrund des ganztägigen Strom- und Wärmebedarfes eine ideale Auslastung der Anlage erreicht werden.¹⁴² Dazu kann

¹³⁴ Vgl. Aigenbauer, Strasser, Zwiauer o.J., S. 17.

¹³⁵ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 22.

¹³⁶ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 33.

¹³⁷ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 35.

¹³⁸ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 34.

¹³⁹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 36.

¹⁴⁰ Vgl. f.u.n.k.e. SENERGIE GmbH o.J., o.S..

¹⁴¹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 36.

¹⁴² Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 23.

in Verbindung mit einer Absorptionskältemaschine Kälte statt Wärme erzeugt werden.¹⁴³ Das kann zum Beispiel für Supermärkte, Metzgereien und andere Betriebe mit Kühlbedarf von Bedeutung sein.

Dass der Einsatz von BHKW Anlagen noch gering ausfällt, liegt einerseits an den über ein Jahrhundert gewachsenen Versorgungsstrukturen in deutschen Städten, andererseits an den anders ausgerichteten wirtschaftlichen Interessen der Energieversorger und besonders auch daran, dass Kenntnisse über BHKW in der breiten Öffentlichkeit nicht oder nur ungenau vorhanden sind.¹⁴⁴ Die aufgezeigten vielfältigen Einsatzmöglichkeiten beweisen jedoch, dass in einem weitverbreiteten Einsatz von BHKW Anlagen für die Energieversorgung ein sehr großes Potenzial liegt.

¹⁴³ Vgl. Schmitz, Gerlach 2014, S. 24.

¹⁴⁴ Vgl. Sperlich 2006, S. 1.

3 Einsatz von BHKW in Mehrfamilienhäusern

Dem Einsatz von BHKW in MFH wurde bisher eine geringe Beachtung geschenkt, weshalb in diesem Kapitel insbesondere auf die speziellen Anforderungen, Besonderheiten und Möglichkeiten hinsichtlich der Verwendung einer BHKW Anlage im Mehrfamilienhausbereich eingegangen wird.

3.1 Notwendigkeit

Blockheizkraftwerke für den Einsatz in der Wohnungswirtschaft gelten als technisch ausgereift und sind demzufolge in verschiedenen Ausführungen am Markt erhältlich.¹⁴⁵ Allerdings sind BHKW Anlagen in der Wohnungswirtschaft, insbesondere in Mehrfamilienhäusern, noch relativ gering verbreitet.¹⁴⁶ Ein Grund dafür ist, dass die Kenntnisse der potentiellen BHKW Betreiber über die Stromverteilung im Objekt mit der zugehörigen Abrechnung und den ständigen rechtlichen sowie steuerlichen Änderungen häufig nicht oder nur ungenügend vorhanden sind und damit ein Hemmnis darstellt, obwohl der rechtliche Rahmen dafür mit dem novellierten KWK-Gesetz eindeutig gegeben ist.¹⁴⁷ Fast ein Drittel aller Wohnungen in Deutschland befinden sich in Mehrfamilienhäusern.¹⁴⁸ Diese Zahl macht deutlich, dass für den Ausbau der KWK-Technologie in Deutschland und dem damit verbundenen Erreichen der Ziele der Energiewende die Durchsetzung von BHKW Anlagen in der Wohnungswirtschaft, insbesondere in Mehrfamilienhäusern, unerlässlich ist. Neben ihrem hohen Energieeinsparpotential und den geringen Treibhausgasemissionen ist ihr Einsatz in den meisten Fällen auch wirtschaftlich.

Darüber hinaus lassen sich durch den Einsatz eines BHKW die Nebenkosten dauerhaft reduzieren sowie die Vorgabe aus dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz über den Einsatz hocheffizienter Technologien bei der Wärmeherzeugung erfüllen.¹⁴⁹ Ein niedriger Energieverbrauch und eine gute Energieeffizienz des Gebäudes werden angesichts stei-

¹⁴⁵ Vgl. Thomas 2012, S. 7.

¹⁴⁶ Vgl. Thomas 2012, S. 7.

¹⁴⁷ Vgl. Thomas 2012, S. 7.

¹⁴⁸ Vgl. Landesamt für Statistik Niedersachsen 2014, S. 12.

¹⁴⁹ Vgl. o.V. 2013, S. 22.

gender Strom- und Ölpreise in Zukunft wichtige Faktoren für die dauerhafte Vermietbarkeit von Immobilien in der Gebäudewirtschaft sein.¹⁵⁰ Genau diese Faktoren lassen sich durch die Verwendung eines BHKW erheblich verbessern. Somit werden sowohl die Ausgaben der Mieter als auch die Umweltbelastungen reduziert. Besonders für die energetische Sanierung von denkmalgeschützten Gebäuden, bei denen eine Außenwanddämmung an der Fassade oft nicht möglich ist, können BHKW Anlagen eine wichtige Alternative darstellen, um die Nebenkosten zu vermindern.¹⁵¹ Des Weiteren stellt der Einsatz umweltfreundlicher und ressourcenschonender Technologien, in Form einer BHKW Anlage, eine Steigerung der Attraktivität und des Gebäudewertes sowie ein Imagegewinn für die Immobilie dar.¹⁵²

3.2 Vorgehensweise bei der Anlagenplanung

In der Wohnungswirtschaft sind die Versorgungsaufgaben eines BHKW in erster Linie die Raumwärmeerzeugung und die Brauchwassererwärmung. Aber auch die Versorgung mit Elektrizität kann eine wichtige und vor allem ökonomisch wertvolle Rolle in einem Mehrfamilienhaus einnehmen. Damit das BHKW diese Funktionen bestmöglich erfüllen kann, sind eine ordnungsgemäße Anlagenplanung sowie Installation und die damit verbundene Einbindung der BHKW Anlage in das Gebäude notwendig. Um das BHKW optimal an die Anforderungen des Gebäudes anzupassen, sind folgende Planungsschritte zu beachten.

Als erstes sollte eine Aufnahme der Gebäude und Nutzerdaten erfolgen.¹⁵³ Dazu gehören neben dem Standort die Art des Objektes, das Baujahr, der Dämmstandart, die Nutzfläche, die Personenzahl, Daten über das installierte Heizgerät und weitere für die Planung eines BHKW relevante Schritte.¹⁵⁴

Der nächste Schritt besteht aus der Ermittlung des Jahreswärme- und Jahresstromverbrauchs.¹⁵⁵ Der Jahreswärmeverbrauch ist bei Bestandsbauten über die Heizkostenab-

¹⁵⁰ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 72.

¹⁵¹ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 136.

¹⁵² Vgl. Investitionsbank Schleswig-Holstein 2013, S. 11.

¹⁵³ Vgl. o.V. 2012, S. 154.

¹⁵⁴ Vgl. o.V. 2012, S. 154.

¹⁵⁵ Vgl. o.V. 2012, S. 154.

rechnung zu ermitteln und kann bei Neubauten durch den Architekten oder Planer berechnet werden.¹⁵⁶ Der Jahresstromverbrauch hängt vom Nutzerverhalten ab und kann bei bestehenden Gebäuden durch eine Auswertung der Stromabrechnung geschätzt werden.¹⁵⁷ Für Neubauten können ermittelte Richtwerte von verschiedenen Stromportalen als Anhaltspunkte für eine Schätzung dienen.

Nun erfolgt die Auslegung der BHKW Anlage, des Spitzenlastheizgerätes und des Pufferspeichers anhand der Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs im Objekt.¹⁵⁸ Die richtige Auslegung der Wärmeleistung ist ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Die Jahresdauerlinie ergibt sich aus dem stündlichen Wärmebedarf eines Gebäudes in den 8760 Stunden im Jahr, nach der Größe geordnet. Sie dient als Grundlage zur Dimensionierung einer wärmegeführten BHKW Anlage. Damit ein Mini-BHKW eine wirtschaftlich interessante Jahreslaufleistung erreicht, muss die Anlage so dimensioniert werden, dass sie möglichst viele Stunden des Jahres eine konstante Grundlast des Wärmebedarfs abdecken kann.¹⁵⁹

Dazu sollte die Wärmeleistung eines BHKW lediglich einen Anteil der maximal erforderlichen thermischen Leistung betragen, um innerhalb eines Jahres eine hohe Zahl an Vollbenutzungsstunden zu erreichen.¹⁶⁰ Die Vollbenutzungsstunden umfassen alle Betriebsstunden einer Anlage in unterschiedlichen Laststufen, umgerechnet auf den Betriebszustand unter Volllast.¹⁶¹ Als unterer Grenzwert für eine wirtschaftliche Betriebsweise eines BHKW im Mehrfamilienhausbereich gelten Laufzeiten von 3500 bis 4000 Stunden im Jahr.¹⁶² Allerdings werden durch den jährlichen Warmwasserbedarf in der Regel über 5000 Betriebsstunden und mehr im Jahr erreicht. Die optimale thermische Leistung einer BHKW Anlage kann durch einen Vergleich mehrerer Leistungsvarianten im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ermittelt werden.¹⁶³ Bei der Auslegung eines BHKW für die Wohnungswirtschaft liegt der Leistungsanteil der Anlage am maximalen Wärmebedarf bei etwa 8 % bis 25 %.¹⁶⁴ Falls der Wärmebedarf die Grundlast übersteigt, wird die zusätzlich benötigte Wärme durch einen Spitzenlastkessel erzeugt,

¹⁵⁶ Vgl. o.V. 2012, S. 155.

¹⁵⁷ Vgl. o.V. 2012, S. 157.

¹⁵⁸ Vgl. o.V. 2012, S. 154.

¹⁵⁹ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 138.

¹⁶⁰ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 28.

¹⁶¹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 28.

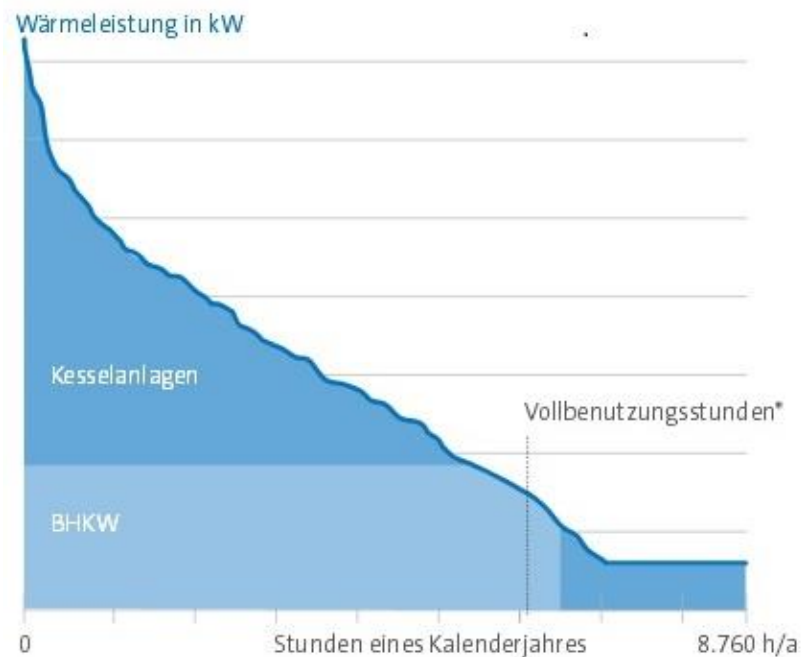
¹⁶² Vgl. Schulz, Westkämper 2013, S. 109.

¹⁶³ Vgl. Arthkamp, Nowak 2010, S. 28.

¹⁶⁴ Vgl. Suttor 2009, S. 129.

wozu in einigen Fällen auch der bisherige Heizkessel dienen kann.¹⁶⁵ Durch ein BHKW mit Leistungsmodulation kann die Anzahl der Betriebsstunden noch deutlich erhöht werden.¹⁶⁶ Bei geringem Wärmebedarf in einem Mehrfamilienhaus, zum Beispiel in den Sommermonaten, wird die Leistungsabgabe herunter geregelt. So muss das BHKW nicht komplett ausgeschaltet werden, kann weiterhin den Wärmebedarf decken und steigert durch den zusätzlich produzierten Strom die Wirtschaftlichkeit der Anlage.¹⁶⁷

In Abbildung 8 ist eine beispielhafte Jahresdauerlinie dargestellt. Im Diagramm ist zu erkennen, dass die höchste thermische Leistung lediglich während weniger Stunden an den kältesten Tagen des Jahres erforderlich ist.¹⁶⁸ Je weiter die Kurve nach rechts schreitet, umso geringer ist der Wärmebedarf im Gebäude.¹⁶⁹ Ab einem bestimmten Punkt wird keine Heizwärme mehr benötigt und die Kurve pegelt sich auf die im Objekt, aufgrund der Warmwasserbereitung, konstant vorhandene Wärmegrundlast ein.



* Summe der jährlichen Betriebsstunden gerechnet bei Nennleistung

Abbildung 8: Geordnete Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs eines Gebäudes¹⁷⁰

¹⁶⁵ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 138.

¹⁶⁶ Vgl. o.V. 2012, S. 159.

¹⁶⁷ Vgl. o.V. 2012, S. 159.

¹⁶⁸ Vgl. Milles 2006, S. 3.

¹⁶⁹ Vgl. o.V. 2012, S. 158.

¹⁷⁰ Arthkamp, Nowak 2015, S. 23.

„Die Fläche unter der Kurve entspricht dem Jahreswärmebedarf.“¹⁷¹ Der hellblau gefärbte Bereich im Diagramm stellt den Teil der Wärmeleistung dar, welcher durch das BHKW gedeckt wird und beträgt etwa 25 % des maximalen Wärmebedarfs. Die erforderliche Wärmeleistung, die über oder unter der thermischen Leistung der BHKW Anlage liegt, im Diagramm dunkelblau gefärbt, wird von einem Spitzenlastkessel erzeugt. Außerdem ist die Zahl der Vollbenutzungsstunden im Diagramm gekennzeichnet.

Als ein weiteres Auswahlkriterium bei der Planung einer BHKW Anlage gilt die Betriebsweise. Allerdings sollten Mini BHKW für Mehrfamilienhäuser immer wärmegeführt ausgelegt sein, da in der Wohnungswirtschaft primär der Wärmebedarf gedeckt werden soll.¹⁷²

Im letzten Schritt werden verschiedene Detailplanungen vorgenommen, welche entscheidend für den einwandfreien Betriebszustand des BHKW sind. Dazu gehören unter anderem die Auswahl der BHKW Technologie bzw. des Brennstoffes sowie die Bestimmung der Leistung der Anlage. Die Installation eines BHKW empfiehlt sich in einem Heizungs- oder Technikraum im Keller oder einem Anbau am Gebäude. Dabei sollte die Zugänglichkeit zum Installationsort beachtet werden und ausreichend Platz für die Aufstellung vorhanden sein.¹⁷³ Da Mini BHKW Anlagen in der Regel nicht größer sind als eine Waschmaschine oder ein Kühlschrank, liegt der Platzbedarf ohne Speicher und Spitzenlastkessel bei etwa 4 m².¹⁷⁴ Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die KWK-Anlage für Installations- und Wartungsarbeiten von allen Seiten begehbar ist.¹⁷⁵ Bei der Aufstellung des BHKW ist die gültige Musterfeuerung- oder Feuerungsverordnung des jeweiligen Bundeslands zu beachten.¹⁷⁶

Weil die Abgase des BHKW über einen Kamin abgeführt werden müssen, ist die Kontaktaufnahme zu einem Schornsteinfeger zwingend notwendig, um die Abgasführung zu klären.¹⁷⁷ Die Kontaktaufnahme sollte schon in einem frühen Stadium der Anlagenplanung erfolgen, da der Verlauf der Abgasführung im Zusammenhang mit dem Standort des BHKW steht.¹⁷⁸ Des Weiteren wird für raumluftabhängige BHKW, welche die für die

¹⁷¹ Milles 2006, S. 3.

¹⁷² Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 137.

¹⁷³ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 139.

¹⁷⁴ Vgl. o.V. 2012, S. 170.

¹⁷⁵ Vgl. Thomas 2011, S. 90.

¹⁷⁶ Vgl. Thomas 2011, S. 89.

¹⁷⁷ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 139.

¹⁷⁸ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 139.

Verbrennung benötigte Luft direkt aus dem Aufstellungsraum beziehen, eine nach den „Technischen Regeln für Gasinstallation“ ausreichend große Zuluftöffnung im Aufstellungsraum benötigt.

Die elektrische Installation ist nach den örtlichen Vorschriften auszuführen und sollte nach den Vorschriften für eine verbesserte Integration dezentraler Erzeugungsanlagen vor nach der VDE-AR-N 4105: 2011-08 vorgenommen werden. Die Inbetriebnahme des BHKW ist bei dem zuständigen Energieversorgungsunternehmen anzumelden.¹⁷⁹ Eine geeignete Zähleinrichtung zur Abrechnung von Strombezug und Stromeinspeisung muss ebenfalls mit dem Energieversorger abgestimmt werden.¹⁸⁰ Des Weiteren sollte die hydraulische Einbindung des BHKW vorgenommen werden, womit die Integration der Anlage ins bestehende Heizsystem bezeichnet wird. Dabei wird das BHKW neben der Heizkesselanlage für Spitzenlasten wie ein zusätzlicher Wärmeerzeuger installiert, sollte jedoch für den Grundlastbetrieb immer Vorrang vor dem Heizkessel haben.¹⁸¹ Die hydraulische Einbindung sollte möglichst einfach, kostengünstig und betriebssicher ausgeführt werden.¹⁸² Das BHKW wird entweder über eine Reihenschaltung oder eine Parallelschaltung mit dem Heizkessel in das Heizsystem integriert und bei Bedarf mit einem Wärmepufferspeicher verbunden.¹⁸³ Hinzu kommt die steuer- und regelungstechnische Einbindung, um die übergeordnete Steuerung zwischen BHKW und Spitzenlastkessel zu gewährleisten.¹⁸⁴ Die Einbindungsarbeiten sollten vom BHKW Anlagenlieferanten durchgeführt werden.¹⁸⁵ So liegen die Planung und Installation der Anlage sowie die Gewährleistungen in einer Hand.¹⁸⁶

Ein wichtiger Punkt, besonders in der Wohnungswirtschaft, ist der Schallschutz. Ein BHKW erzeugt Luft- und Körperschall. Die dadurch entstehenden Geräusche können ein Störfaktor für die Mieter in den angrenzenden Wohnungen oder benachbarten Gebäuden sein. Aus diesem Grund gilt es, die Geräusche, falls notwendig durch geeignete

¹⁷⁹ Vgl. o.V. 2012, S. 173.

¹⁸⁰ Vgl. o.V. 2012, S. 173.

¹⁸¹ Vgl. Suttor 2009, S. 83.

¹⁸² Vgl. Suttor 2009, S. 83.

¹⁸³ Vgl. Suttor 2009, S. 83.

¹⁸⁴ Vgl. Suttor 2009, S. 87.

¹⁸⁵ Vgl. Suttor 2009, S. 132.

¹⁸⁶ Vgl. Suttor 2009, S. 132.

Maßnahmen, auf ein Minimum zu reduzieren. Ein BHKW darf nicht neben schallschutzbedürftigen Räumen, wie zum Beispiel dem Schlafzimmer, aufgestellt werden.¹⁸⁷ Außerdem müssen die Wände des Aufstellraums aus massivem Mauerwerk bestehen.¹⁸⁸ Der Fußboden des Aufstellortes sollte nach DIN 4109 körperschallentkoppelt sein, ansonsten muss ein zusätzlich entkoppeltes Fundament erstellt werden.¹⁸⁹ Außerdem sind sämtliche zu installierende Komponenten und Rohrleitungen schallentkoppelt auszuführen.¹⁹⁰ Bestimmte Bauteile müssen, wenn notwendig, mit Schalldämpfern ausgerüstet werden.¹⁹¹ Konkrete Maßnahmen zur Schallreduzierung sind jedoch individuell für jeden Anwendungsfall zu ermitteln.¹⁹²

Für Mini-BHKW im Leistungsbereich bis zu 70 Kilowatt für den Mehrfamilienhausbereich gilt die VDI Richtlinie 4655 als geeignete Planungsbasis.¹⁹³ „Die Richtlinie bietet mit Referenzlastprofilen Grundlagen und ein Instrumentarium für die Auslegung von Heizungsanlagen mit KWK in Wohngebäuden und ihrer Wirtschaftlichkeitsberechnung.“¹⁹⁴ Außerdem sind Prüfbedingungen für die Ermittlung des Nutzungsgrades und Auslegungskriterien darin festgelegt.¹⁹⁵ Die Richtlinie kann auch für Simulationen und Auslegungsrechnungen sowie zur Bestimmung von Lebensdauer und Wartungsintervallen verwendet werden.¹⁹⁶ Zur technischen, teilweise auch zur ökonomischen Optimierung des Projektes gibt es leistungsfähige PC-Programme mit eingearbeiteten Normen, gesetzlichen Richtlinien und Erfahrungen, welche als Leitfaden für die BHKW Planung und Errichtung dienen können.¹⁹⁷

3.3 Vorgehensweise bei der organisatorischen Planung

Neben der technischen Planung einer BHKW Anlage sind diverse organisatorische Planungsschritte für einen reibungslosen Ablauf der Planungs- und Umsetzungsphase zu

¹⁸⁷ Vgl. o.V. 2012, S. 176.

¹⁸⁸ Vgl. o.V. 2012, S. 178.

¹⁸⁹ Vgl. o.V. 2012, S. 176.

¹⁹⁰ Vgl. o.V. 2012, S. 176.

¹⁹¹ Vgl. o.V. 2012, S. 176.

¹⁹² Vgl. o.V. 2012, S. 176.

¹⁹³ Vgl. Suttor 2009, S. 127.

¹⁹⁴ VDI-Fachbereich Energiewandlung und –anwendung 2008, o.S..

¹⁹⁵ Vgl. VDI-Fachbereich Energiewandlung und –anwendung 2008, o.S..

¹⁹⁶ Vgl. VDI-Fachbereich Energiewandlung und –anwendung 2008, o.S..

¹⁹⁷ Vgl. Suttor 2009, S. 133.

beachten. Dabei sind verschiedene Maßnahmen vor oder nach der Inbetriebnahme des BHKW zu erledigen.

Vor Auftragsvergabe sollten alle im vorangegangenen Kapitel beschriebenen, technischen Planungsschritte sowie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt sein. Insbesondere die Wirtschaftlichkeitsrechnung entscheidet in den meisten Fällen, ob der Einsatz eines BHKW sinnvoll ist. Wenn nun das konkrete Vorhaben ein BHKW zu errichten vorhanden ist, müssen vor Auftragsvergabe aber noch weitere Schritte beachtet werden.

Dazu zählt vor allem die Beantragung von Fördermitteln, wie zum Beispiel Förderprogramme der KfW, der BAFA und der Bundesländer, welche Investitionszuschüsse für die Anschaffung eines BHKW vorsehen. Nach dem Eingangsbescheid durch den Fördermittelgeber kann mit den weiteren Planungsschritten fortgefahren werden. Dazu gehört insbesondere die Beantragung diverser Anmeldungen und Genehmigungen. Dabei ist zu allererst zu prüfen, ob für die Errichtung des BHKW ein Bauantrag notwendig ist.¹⁹⁸ Das Einreichen des Antrages bei der zuständigen Baubehörde hängt in der Regel von der Summen-Feuerungsleistung der kompletten Anlage inklusive Spitzenlastkessel ab. Da im Bundesgebiet keine einheitliche Regelung dazu vorhanden ist, sollte die jeweilige Landes-Bauordnung eingesehen werden.¹⁹⁹ Jedoch ist es üblich, dass BHKW Anlagen mit kleinerer Leistung für den Ein- bis Mehrfamilienhausbereich genehmigungsbefreit sind. Des Weiteren sind ein Antrag beim Schornsteinfeger über die Abgasführung sowie ein Antrag beim Stromversorger über den Anschluss der BHKW Anlage an das Stromnetz und die Einspeisung von Strom zu stellen. Ergänzend sind mit dem Versorgungsbetreiber weitere organisatorische Abstimmungen, zum Beispiel über den Hausanschluss und die Versorgung der Mieter mit Strom aus dem BHKW, zu treffen.²⁰⁰ Außerdem sollte ein Vertrag über die Zusatz- und Reservestromversorgung des Gebäudes abgeschlossen werden. Falls notwendig, sollte der BHKW Betreiber außerdem eine Vereinbarung über den Brennstoffbezug abschließen. So ist zum Beispiel für ein erdgasbetriebenes BHKW eine Anmeldung beim örtlichen Gasversorger zu vollziehen. „Von besonderer Wichtigkeit für die Wirtschaftlichkeit von Mini-BHKW sind die Anmeldungen beim Hauptzollamt und beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).“²⁰¹ Denn über das Hauptzollamt erfolgt die Rückzahlung der Energiesteuer für den im

¹⁹⁸ Vgl. Thomas 2011, S. 86.

¹⁹⁹ Vgl. Thomas 2011, S. 86.

²⁰⁰ Vgl. o.V. 2012, S. 186.

²⁰¹ Thomas 2011, S. 88.

BHKW verbrauchen Brennstoff und über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle die Vergütung nach dem KWK-Gesetz.²⁰² Falls durch das BHKW erzeugter Strom an Dritte geliefert wird, muss eine Anzeige bei der Bundesnetzagentur über die Anmeldung zum EEG-Belastungsausgleich nach § 37 EEG erfolgen.²⁰³

Nach Inbetriebnahme des BHKW ist eine Anzeige über die Inbetriebnahme beim Versorgungsnetzbetreiber notwendig.²⁰⁴ Für eine Versorgung der Mieter im Gebäude mit Strom aus der BHKW Anlage muss in Zusammenarbeit mit dem Versorgungsnetzbetreiber an der Umstellung der Stromlieferung und der damit verbundenen Einrichtung aller für die Abrechnung notwendigen Zähleinrichtungen und Zählpunkte gesorgt werden. Ebenso ist eine regelmäßige Wartung auch bei BHKW Anlagen unerlässlich. Die Wartungsintervalle sind hersteller- und anlagenabhängig und liegen bei etwa 5000 Benutzungsstunden, womit die Wartungsabstände eines BHKW etwa ein Jahr betragen.²⁰⁵ Dazu bietet sich bereits bei Auftragsvergabe oder unmittelbar nach Inbetriebnahme der Anlage der Abschluss eines Vollwartungsvertrags mit dem ausführenden Fachhandwerksbetrieb oder dem Hersteller an.²⁰⁶

Darüber hinaus sind verschiedene jährliche Meldungen über den Betrieb der BHKW Anlage anzugeben. So muss beim zuständigen Hauptzollamt bis zum 31. Dezember für das Jahr zuvor der Antrag auf die Energiesteuerentlastung eingereicht werden. Eine jährliche Mitteilung über den durch KWK erzeugten Strom ist beim BAFA bis zum 31. März für das vorangegangene Jahr vorzulegen, um die Vergütung nach dem KWK-Gesetz zu erhalten.

Ferner ist es möglich zur Abdeckung materieller Schäden eine Maschinenbruchversicherung für das BHKW abzuschließen.²⁰⁷

²⁰² Vgl. Thomas 2011, S. 88.

²⁰³ Vgl. o.V. 2012, S. 186.

²⁰⁴ Vgl. o.V. 2012, S. 187.

²⁰⁵ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 141.

²⁰⁶ Vgl. Brettschneider u.a. 2012, S. 141.

²⁰⁷ Vgl. Suttor 2009, S. 125.

3.4 Rechtliche Grundlagen zur Wärmeversorgung

Für die Versorgung der Mieter mit Wärme durch ein BHKW gilt der laufende Mietvertrag weiter.²⁰⁸ Die Wärmekosten werden, wie bei einer gewöhnlichen Heizungsanlage, per Nebenkostenabrechnung auf die Mieter verteilt.²⁰⁹ Grundsätzlich darf der Eigentümer aber nur die Brennstoffkosten zur Erzeugung der Wärme auf die Mieter umlegen.²¹⁰ Die sachgerechte Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten in einem Miet- oder Wohnungseigentümerverhältnis ist in Deutschland seit dem Inkrafttreten der Heizkostenverordnung klar geregelt. Da der Betrieb einer KWK-Anlage aber nicht ausschließlich der Wärmeerzeugung dient, sondern gleichzeitig elektrische Energie erzeugt wird, sind die insgesamt anfallenden Brennstoff- und Betriebskosten eines KWK-Gerätes keine umlagefähigen Kosten im Sinne der Heizkostenverordnung.²¹¹ Dafür gab es bisher auch keine anderen eindeutigen Regelungen, welche eine sachgerechte Abgrenzung der Kosten für die Wärmeerzeugung im Sinne der Heizkostenverordnung ermöglichten.²¹² Seit der Veröffentlichung des Beiblattes 3.1 „Ermittlung der umlagefähigen Wärmeerzeugungskosten von KWK-Anlagen“ in der VDI Richtlinie 2077 stehen allerdings Methoden zur Bestimmung der umlagefähigen Heizkosten von KWK-Anlagen in Form einer anerkannten Regel der Technik zur Verfügung und können angewandt werden.²¹³ Es gibt ein messtechnisches Verfahren, welches bei allen KWK-Anlagen anwendbar ist und eine rechnerisches Verfahren, welches nur bei geprüften KWK-Einheiten, deren Strom- und Wärmewirkungsgrade bekannt sind, Verwendung findet.²¹⁴ Anhand der Energieflüsse wird ein Aufteilungsschlüssel zwischen Strom und Heizenergie ermittelt und die eingesetzten Brennstoffmengen sowie die damit verbundenen Kosten werden anteilig aufgeteilt.²¹⁵ Für die Bestimmung der umlagefähigen Kosten der Wärmeerzeugung von BHKW Anlagen liegt ein anerkanntes Vorgehen vor, mit dem die bisherigen Unsicherheiten bei der Verteilung der Wärmeerzeugungskosten beseitigt wurden.²¹⁶ Durch das Beiblatt 3.1 der VDI Richtlinie 2077 ist der Einsatz von BHKW insbesondere in Mehrfamilienhäusern einfacher und vor allem transparenter geworden. Damit ist ein wichtiger Baustein für die

²⁰⁸ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 22.

²⁰⁹ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 22.

²¹⁰ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 22.

²¹¹ Vgl. Haupt, Tritschler, Welsenberger 2011, S. 1.

²¹² Vgl. Haupt, Tritschler, Welsenberger 2011, S. 1.

²¹³ Vgl. Haupt, Tritschler, Welsenberger 2011, S. 1.

²¹⁴ Vgl. Haupt, Tritschler, Welsenberger 2011, S. 5.

²¹⁵ Vgl. Jäger 2011, S. 13.

²¹⁶ Vgl. Haupt, Tritschler, Welsenberger 2011, S. 5.

weitere Entwicklung und Etablierung von BHKW Anlagen im Mehrfamilienhausbereich gelegt wurden.

3.5 Stromlieferkonzepte

Da BHKW Anlagen im Wohngebäudesektor hauptsächlich wärmegeführt, also in erster Linie zur Deckung des Wärmebedarfes, betrieben werden, stellt sich die Frage, wie der erzeugte Strom verwertet werden soll. Speziell bei einem Einsatz eines BHKW in Mehrfamilienhäusern ist die Frage der Stromverwertung und Stromvermarktung nicht ganz unkompliziert, da der Strom nicht, wie bei Einfamilienhäusern selbstverständlich, im Objekt genutzt werden kann. Der Eigentümer bzw. die Mieter eines MFH haben verschiedene Möglichkeiten auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Hierzu beantragt der Betreiber des BHKW mit dem Abschluss eines Netzanschluss- und eines Anschlussnutzungsvertrages in jedem Fall den Anschluss der KWK-Anlage an das öffentliche Netz des Netzbetreibers. „Dieser kombinierte Vertrag enthält insbesondere Angaben über die Anschlussstelle und die vom Netzbetreiber am Netzanschlussvorzuhaltende elektrische Leistung.“²¹⁷

3.5.1 Volleinspeisung in das Stromnetz

Die sicherlich einfachste Methode ist eine vollständige Einspeisung des erzeugten KWK-Stroms ins Netz für eine Vergütung vom Netzbetreiber. Dazu genügt der Abschluss eines Stromeinspeisevertrages, welcher die Einspeisung des nicht im Mehrfamilienhaus verbrauchten Überschussstroms in das öffentliche Netz, sowie die Messung, Abnahme und Vergütung des eingespeisten KWK-Stroms durch den Netzbetreiber regelt.²¹⁸ Dies ist mit wenig Verantwortung und einem geringen Abrechnungsaufwand verbunden, allerdings kann durch den schwankenden Strompreis nicht mit konstanten Einnahmen gerechnet werden.²¹⁹ Außerdem können bei einem Erlös von insgesamt circa 8 bis 13 Cent pro Kilowattstunde die Stromerzeugungskosten zumeist nicht gedeckt werden.²²⁰ Hinzu kommt, dass der KWK Zuschlag (je nach elektrischer Leistung maximal 5,41 Cent pro Kilowattstunde) für maximal 10 Jahre gewährt wird.²²¹ Bei einer Nutzung regenerativer

²¹⁷ Müller u.a. 2009, S. 24.

²¹⁸ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 25.

²¹⁹ Vgl. Gerlach 2012, S. 7.

²²⁰ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²²¹ Vgl. Gerlach 2012, S. 4.

Brennstoffe nach EEG erhöht und verlängert sich zwar die Einspeisevergütung, jedoch sind auch die Brennstoffbezugskosten für erneuerbare Energieträger höher. Diese Möglichkeit der Stromverwertung ist in der Regel nicht wirtschaftlich und entspricht auch nicht dem eigentlichen Sinn von BHKW Anlagen, der dezentralen Erzeugung von Strom und Wärme.

3.5.2 Einspeisung des KWK-Stroms ins Netz mit Verkauf an Dritte

„Bei diesem Lieferkonzept sucht der Betreiber der KWK-Anlage einen Dritten, der bereit ist, den lokal produzierten KWK-Strom zu kaufen.“²²² Der Dritte kann beispielsweise ein benachbartes Wohn- oder Geschäftsgebäude mit dem Strom aus dem BHKW versorgen wollen. Dazu vereinbart er mit dem BHKW Betreiber einen Strompreis, für den er bereit ist, ihm den Strom abzunehmen.²²³ Der KWK-Anlagenbetreiber legt den Vertrag über den Stromverkauf an einen Dritten, den Netzbetreiber vor, der nun wiederum verpflichtet ist, dem BHKW Betreiber den Strom zu dem mit dem Dritten vertraglich vereinbarten Preis abzunehmen.²²⁴ Nach § 4 Absatz 3a des KWK-Gesetzes muss der Netzbetreiber auf Wunsch des Anlagenbetreibers, nach einer eigenen Vermarktung, den eingespeisten Strom direkt dem Bilanzkreis des Anlagenbetreibers oder dem eines Dritten zuordnen.²²⁵ Der Bilanzkreis ist ein virtuelles Energiemengenkonto zur Abrechnung von Einspeisungen und Entnahmen. Falls er darauf verzichtet, muss der Netzbetreiber den eingespeisten Strom in seinem eigenen Bilanzkreis aufnehmen.²²⁶ Für den vom Anlagenbetreiber vermarkteten Strom entfällt allerdings die Ankaufs- und die Vergütungspflicht des Netzbetreibers, jedoch nicht die Pflicht zur Zahlung des KWK Zuschlags.²²⁷ Der Dritte ist dazu verpflichtet, dem Netzbetreiber den Strom für den mit dem BHKW Betreiber vereinbarten Preis, zuzüglich der Netznutzungsentgelte, abzunehmen.²²⁸ Dieses Modell ist für den Dritten natürlich nur attraktiv, wenn der Strompreis, den der KWK-Anlagenbetreiber anbietet, zuzüglich der Netznutzungsentgelte, geringer ist, als die Strombezugskosten des Dritten bei seinem bisherigen Lieferanten.²²⁹

²²² Bachor u.a. 2010, S. 48.

²²³ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²²⁴ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²²⁵ Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 4 Abs. 3a.

²²⁶ Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 4 Abs. 3a.

²²⁷ Vgl. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2014, § 4 Abs. 3a.

²²⁸ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²²⁹ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

Diese Variante ist wirtschaftlich sinnvoller als eine Volleinspeisung ins Netz, da der BHKW Betreiber den Preis pro Kilowattstunde so aushandeln wird, dass er über dem Erlös einer Volleinspeisung liegt. Jedoch besteht die Schwierigkeit darin, einen Abnehmer für den Strom zu finden, auch aufgrund dessen, dass das Eigenvermarktungsmodell als unvollständig geregelt gilt.²³⁰

3.5.3 Stromvollversorgung durch den Hauseigentümer / Betreiber

Eine andere Option ist, dass der Hauseigentümer bzw. Betreiber des BHKW eine Stromvollversorgung für die Mieter anbietet.²³¹ Dabei verkauft er in erster Linie den durch das BHKW erzeugten Strom, schließt jedoch mit einem Stromlieferanten einen Zusatz- und Reservestromvertrag ab, um seinen Mietern auch dann Strom liefern zu können, wenn das BHKW nicht ausreichend Strom oder wegen Wartungs- oder Reparaturarbeiten gar keinen Strom erzeugt.²³² Falls der aktuelle Strombedarf niedriger ist als der vom BHKW erzeugte Strom, kann der überschüssig anfallende Strom auch hier durch den Abschluss eines Stromeinspeisevertrages ins Netz gebracht und vergütet werden.

Allerdings müssen die Mieter ihr Einverständnis für die Belieferung mit Strom vom Hauseigentümer bzw. Betreiber geben.²³³ Dafür sollte mit jedem einzelnen Mieter ein Stromliefervertrag geschlossen werden.²³⁴ Als Anreiz für die Mieter einer Bestandsimmobilie ihren Stromanbieter zu kündigen und sich von einem BHKW mit Strom versorgen zu lassen, kann der Hauseigentümer bzw. Betreiber des BHKW zum Beispiel einen günstigeren Preis pro Kilowattstunde Strom anbieten. Dabei kann er sich bei der Preisgestaltung an den bisherigen Strombeschaffungskosten der Mieter orientieren.²³⁵ Bestandteil des Strompreises sind anteilig die Instandhaltungs- und Brennstoffkosten.²³⁶ Bei dieser Variante gibt es für das gesamte Objekt dann nur noch einen abrechnungsrelevanten Zählpunkt in Form eines Summenzählers, über den der Zusatzstrom mit dem Versorger abgerechnet wird.²³⁷ Der interne Verbrauch wird über Unterzähler für jeden Mieter abge-

²³⁰ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²³¹ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 49.

²³² Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 49.

²³³ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

²³⁴ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

²³⁵ Vgl. Bachor u.a. 2010, S. 48.

²³⁶ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

²³⁷ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

rechnet und kann durch den Betreiber bzw. die Hausverwaltung vorgenommen werden.²³⁸ Dabei ist es auch möglich, dass einzelne Mieter nicht an der Stromversorgung durch das BHKW teilnehmen.

3.5.4 Eigenversorgung durch eine Mieter-GbR

Dieses Konzept der Stromversorgung basiert auf einem Zusammenschluss von Mietern eines Mehrfamilienhauses, der sich in Abstimmung mit dem Eigentümer aus einem BHKW selbst mit Strom und Wärme versorgen will. Dabei werden die einzelnen Wohneinheiten, inwieweit die Erzeugung es zulässt, mit KWK-Strom versorgt. Spitzenlasten im Stromverbrauch, welche sich durch das BHKW nicht decken lassen, werden durch den Abschluss eines Stromliefervertrages für Zusatzstrom von einem Stromlieferanten gedeckt.²³⁹ Wenn jedoch der erzeugte KWK-Strom im Gebäude nicht abgenommen wird, kann er durch den Abschluss eines Stromeinspeisevertrages ins Stromnetz eingespeist und vergütet werden.²⁴⁰

In der Regel kauft dabei der Eigentümer das BHKW und vermietet oder verpachtet es an die Mieter, die die Anlage dann betreiben.²⁴¹ Für dieses Konzept ist es notwendig, dass die Mieter eine so genannte Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR) bilden.²⁴² Diese ist verantwortlich für den Abschluss aller notwendigen Verträge sowie die Lieferung für Zusatzstrom, die Brennstoffbeschaffung und je nach vertraglicher Gestaltung auch für die Instandhaltung.²⁴³ Dafür erhält die Mieter-GbR den KWK Zuschlag für eingespeisten Strom und ist befreit von Anzeigepflichten, Genehmigungen, Netznutzungsentgelten, der Stromsteuererklärung und zum Teil von der Entrichtung der EEG-Umlage.²⁴⁴ Die Mieter-GbR entsteht allein durch den Entschluss der Mieter, sich in Zukunft gemeinsam zu versorgen, formlos.²⁴⁵ Trotzdem wird empfohlen, die wesentlichen Punkte für die gemeinsame Versorgung in einer schriftlichen Vereinbarung festzuhalten.²⁴⁶ Dazu gehören beispielsweise Regelungen zur Aufteilung der Kosten für den

²³⁸ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 24.

²³⁹ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 27.

²⁴⁰ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 27.

²⁴¹ Vgl. o.V. 2013, S. 21.

²⁴² Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

²⁴³ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

²⁴⁴ Vgl. o.V. 2013, S. 21.

²⁴⁵ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

²⁴⁶ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

Brennstoff, der Instandhaltung sowie Einnahmen aus der Einspeisung des Überschussstroms, aus Zuschlägen und Rückerstattungen von Steuern.²⁴⁷ Das Modell der Eigennutzung durch eine Mieter-GbR bietet sowohl für den Mieter als auch den Vermieter einige Vorteile. Zum einen ist der Vermieter als Eigentümer des BHKW vorsteuerabzugsberechtigt auf die volle Investitionshöhe der Anlage, zum anderen erfüllt er damit wichtige Vorschriften, wie den Einsatz hoch effizienter Technologien.²⁴⁸ Neben den bereits erwähnten Befreiungen von einer Vielzahl an Pflichten für die Mieter als der Betreiber des BHKW, liegen die Stromkosten durch den Bezug aus der Anlage in der Regel deutlich unter dem Marktpreis.²⁴⁹ Hindernisse liegen in der Bereitschaft zur Gründung einer GbR und aufwendigen Vertragsmodalitäten.²⁵⁰ Im Falle einer Wohnungseigentümergemeinschaft vereinfacht sich die gemeinsame Versorgung mit Strom und Wärme. Da aufgrund der gesetzlichen Bestimmungen ohnehin bereits eine Gemeinschaft der Wohnungseigentümer besteht, kann auf diese für das Betreiben einer BHKW Anlage zurückgegriffen werden.²⁵¹ „Je nachdem, ob die Wohnungen durch ihre Eigentümer oder durch Mieter bewohnt werden, sind ergänzend mietrechtliche Besonderheiten zu beachten.“²⁵²

²⁴⁷ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

²⁴⁸ Vgl. o.V. 2013, S. 21-22.

²⁴⁹ Vgl. o.V. 2013, S. 22.

²⁵⁰ Vgl. Steinborn innovative Gebäude-Energieversorgung o.J., o.S..

²⁵¹ Vgl. Müller u.a. 2009, S. 26.

²⁵² Müller u.a. 2009, S. 26.

4 Wirtschaftlichkeit von BHKW in MFH

In der Wohngebäudebranche gilt besonders der Mehrfamilienhausbereich, aufgrund der Vielzahl an unmittelbaren Abnehmern für Strom und Wärme aus einem BHKW, als prädestiniert für einen wirtschaftlichen Einsatz einer BHKW Anlage. Die Wirtschaftlichkeit eines BHKW ist gewährleistet, wenn die Mehrkosten der Anlage, verursacht durch höhere Anschaffungs-, Wartungs- und Brennstoffkosten gegenüber einem konventionellen Heizkessel, durch die Nutzung der elektrischen und thermischen Energie mindestens gedeckt werden.²⁵³ Vorangehend wurde bereits ausgeführt, dass eine KWK-Anlage nur unter dem Zusammenwirken vieler Faktoren auch wirtschaftlich zu betreiben ist. Dazu gehören eine konstante Wärmenachfrage, eine hohe Anzahl an Volllastbetriebsstunden sowie eine ordnungsgemäße Anlagenplanung. Jedoch kann nicht pauschalisiert werden, wann die Investition eines BHKW wirtschaftlich sinnvoll ist. Denn das muss in Form einer Wirtschaftlichkeitsberechnung für jeden Fall separat abgeschätzt werden.

In diesem Kapitel soll ein Überblick über die Kosten sowie Einsparungen und Erlöse eines BHKW gegeben werden. Daraufhin wird Wissenswertes über Wirtschaftlichkeitsberechnungen im Hinblick auf BHKW Anlagen dargelegt und eine beispielhafte Wirtschaftlichkeitsberechnung an einem fiktiven MFH ausgeführt.

4.1 Kosten

Grundsätzlich kann zwischen kapitalgebundenen, verbrauchsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten unterschieden werden.

Die kapitalgebundenen Kosten resultieren aus den Kosten für die erforderlichen Investitionen zur Errichtung eines BHKW. Dazu zählen im Wesentlichen die Kosten der eigentlichen Anlage, des Zubehörs wie Regelungs- und Steuereinrichtungen, der baulichen Einbindung ins Gebäude und des Anschlusses vor Ort sowie der Planungskosten und einer Pauschale für Unvorhergesehenes.²⁵⁴

²⁵³ Vgl. Thomas 2011, S. 306.

²⁵⁴ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

Die verbrauchsgebundenen Kosten setzen sich aus den Brennstoffkosten für das BHKW und den Spitzenlastkessel zusammen.²⁵⁵ Sie beruhen auf dem Preis für den eingesetzten Brennstoff und dem Brennstoffbedarf, welcher sich aus der Brennstoffleistung sowie den jährlichen Vollbenutzungsstunden zusammensetzt.²⁵⁶

Betriebsgebundene Kosten werden aus Instandhaltungsmaßnahmen und eventuellem Personalaufwand für die Bedienung, die Beaufsichtigung, die Verwaltung und sonstigen Aufwänden verursacht. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass in den meisten Fällen neben der Stromerzeugung aus dem BHKW, Zusatzstrom bezogen werden muss. Da der Fremdstrombezug allerdings geringer als üblich ist, können sich durch den erhöhten Strompreis veränderte Stromkosten für den Zusatzbezug ergeben.

4.2 Einsparungen und Erlöse

Den Ausgaben stehen Einnahmen in Form von Einsparungen und Erlösen gegenüber.

Eine große Rolle spielen vor allem Einsparungen durch vermiedenen Stromeinkauf, da der KWK-Strom einen Großteil des Strombedarfs im Gebäude deckt. Hinzu kommen vermiedene Kosten für die Netznutzung. Des Weiteren führen Investitionszuschüsse und Fördermaßnahmen zu Einsparungen für den BHKW Betreiber. Ebenso gibt es die Möglichkeit die Rückerstattung der Energiesteuer für den im BHKW eingesetzten Brennstoff und die Stromsteuerbefreiung auf den erzeugten KWK-Strom zu beanspruchen.²⁵⁷

Erlöse erhält der BHKW Betreiber aus den Zuschlagszahlungen für erzeugten KWK-Strom und der Einspeisevergütung entsprechend den Regelungen nach dem KWK-Gesetz sowie dem Stromverkauf an Dritte.²⁵⁸ Im Falle einer regenerativen BHKW Technologie sind Vergütungen durch die EEG-Förderung oder die Befreiung der EEG-Umlage möglich.²⁵⁹ Ob überhaupt und in welcher Höhe die Einsparungen und Erlöse ausfallen, hängt immer vom konkreten Einzelfall ab.

²⁵⁵ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

²⁵⁶ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

²⁵⁷ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

²⁵⁸ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

²⁵⁹ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 28.

4.3 Grundlagen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

„Wirtschaftlichkeitsrechnungen haben den Zweck, Aussagen über die finanziellen Auswirkungen von Investitionen zu ermöglichen.“²⁶⁰ „Hierzu werden alle mit der Installation und dem Betrieb der Anlage verbundenen jährlichen Kosten und erzielbaren Vergütungen benötigt.“²⁶¹ Dabei ist es wichtig, dass alle zu erwartenden Aus- und Eingaben in einer vertretbaren Genauigkeit berücksichtigt werden. Zur Überprüfung der Wirtschaftlichkeit gibt es verschiedene Berechnungsverfahren. Welche Wirtschaftlichkeitsrechnung angewandt wird, hängt davon ab, in welchem Verhältnis die Genauigkeit und die Aussagekraft des Ergebnisses zum Aufwand der Berechnung steht.²⁶² Oft wird eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung in Form der Annuitätenmethode durchgeführt.²⁶³ Darüber hinaus gibt es aber auch einige speziell für BHKW Anlagen programmierte Berechnungsprogramme, welche den Rechenaufwand erleichtern und schnell Ergebnisse liefern.

Die Grundlage für die Wirtschaftlichkeit eines BHKW wird jedoch durch die optimale Auslegung der thermischen Leistung der Anlage anhand der Jahresdauerlinie gelegt. So kann die Wirtschaftlichkeit für Geräte mit kleiner Leistung für die Wohnungswirtschaft mit relativ wenig Aufwand ermittelt werden, da die Ausnutzung eines BHKW in Wohngebäuden immer ähnlich ist und somit das Lastprofil des Gebäudes ohne viel Mühe bestimmt werden kann.

Zudem ist eine Darstellung, in der eine Variante ohne BHKW Anlage gegenübergestellt wird, vorteilhaft, um die jährlichen Gesamtkosten miteinander zu vergleichen.²⁶⁴ Daraus lassen sich, die aus der Verwendung des BHKW resultierenden, jährlichen Einsparungen ermitteln.²⁶⁵ So ist das Ergebnis bei einer einfachen Berechnung der Wirtschaftlichkeit für BHKW Anlagen meist die jährlichen Ersparnisse in einer Gegenüberstellung mit dem bereits vorhandenen Heizsystem.

²⁶⁰ Suttor 2009, S. 98.

²⁶¹ Arthkamp, Nowak 2015, S. 26.

²⁶² Vgl. Suttor 2009, S. 98.

²⁶³ Vgl. Suttor 2009, S. 98.

²⁶⁴ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 26.

²⁶⁵ Vgl. Arthkamp, Nowak 2015, S. 26.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden von BHKW Herstellern, Planungsbüros, unabhängigen Informations- und Servicestellen und Onlineportalen angeboten.²⁶⁶

4.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung an einem fiktiven MFH

In dem folgenden Berechnungsbeispiel soll die Wirtschaftlichkeit eines BHKW an einem fiktiven Mehrfamilienhaus mit 10 Wohneinheiten im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Glauchau nachgewiesen werden. Das Gebäude mit einer Wohnfläche von 800 m² hat einen jährlichen Heizenergiebedarf von 120.000 Kilowattstunden und einen Strombedarf von 30.000 Kilowattstunden im Jahr. Der Allgemeinstromverbrauch des Objektes wird mit 3.000 Kilowattstunden jährlich kalkuliert. Das bisherige Heizsystem ist ein, mit Erdgas betriebener, Niedertemperaturheizkessel mit einem Nutzungsgrad von 90 %, welcher jährliche Wartungskosten von 250 € verursacht.

Dabei soll die Wirtschaftlichkeit der BHKW Anlage für drei verschiedene Stromlieferkonzepte untersucht werden. Variante 1 stellt die vollständige Einspeisung des KWK-Stroms ins Netz dar. Variante 2 bildet die Eigennutzung des Stroms im Gebäude durch die Mieter mit Einspeisung des überschüssigen Stroms ins Stromnetz. Bei Variante 3 soll der KWK-Strom lediglich für den Allgemeinstrom im Gebäude genutzt und überschüssiger Strom in das Stromnetz eingespeist werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird die Planungssoftware Vaillant planSOFT „Auslegung Kraft-Wärme-Kopplung“ vom Heiztechnikhersteller Vaillant genutzt. Als Basis für die Berechnung verlangt das Programm, verschiedene Grundeinstellungen über das Gebäude, das bisherige Heizsystem, die zukünftige BHKW Anlage sowie über bisherige Kosten vorzunehmen.

Das BHKW soll als eine Modernisierungsmaßnahme in dem bereits beschriebenen Mehrfamilienhaus errichtet werden. Für das Gebäude werden 2.000 Benutzungsstunden angesetzt. Ein neuer Brennwertkessel mit einem Nutzungsgrad von 98 % ersetzt das bisherige Heizsystem und dient als Spitzenlastheizgerät. Der Brennstoffverbrauch der letzten 12 Monate lag bei 120.000 Kilowattstunden. Die Brennstoffkosten für Erdgas lie-

²⁶⁶ Vgl. Thomas 2011, S. 319.

gen im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Glauchau bei durchschnittlich 6 Cent pro Kilowattstunde und die Stromkosten bei etwa 25 Cent pro Kilowattstunde.²⁶⁷ Die Berechnung der Vollbenutzungsstunden sollen vom Programm automatisch ermittelt werden. Preisangaben erfolgen in Brutto und die Energiesteuerrückerstattung wird berücksichtigt. Die Wartungskosten liegen nach dem Vaillant Wartungsvertrag bei 684,25 € für Material sowie 119 € für die Dienstleistung. Der Stromverbrauch der letzten 12 Monate hängt von der jeweiligen Variante ab. Bei Variante 1 wird der Strombedarf im Jahr auf null gesetzt, da der komplette Strom in das Netz gespeist werden soll. Für die zweite Variante wird der jährliche Strombedarf des Gebäudes auf 33.000 Kilowattstunden festgelegt. Dieser resultiert aus dem Strombedarf von 30.000 Kilowattstunden der Mieter plus dem Allgemeinstrombedarf von 3.000 Kilowattstunden. Für Variante 3 werden 3.000 Kilowattstunden im Jahr an Allgemeinstrom für die Berechnung angesetzt. Zudem wird kein zusätzlicher Förderzuschuss vom Land oder Energieversorger bezogen. Das Berechnungstool ermittelt nun automatisch, welches BHKW System für den eingetragenen Anwendungsfall passend ist. Zur Auswahl stehen die Vaillant BHKW Modelle ecoPOWER 1.0, ecoPOWER 3.0 und ecoPOWER 4.7. Sie unterscheiden sich vor allem in ihrem Leistungsbereich.

Nun erfolgt die Auswertung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung. Das Vaillant Berechnungstool schlägt für den Einsatz im beschriebenen MFH das leistungstärkste BHKW Modell ecoPOWER 4.7 für alle drei Varianten der Stromnutzung als am wirtschaftlich sinnvollsten vor. Der Brennstoffverbrauch erhöht sich für alle drei Varianten auf 142.130 Kilowattstunden im Jahr, was auf den Mehrverbrauch der BHKW Anlage, aufgrund der doppelten Energieerzeugung, sowie den Einsatz des Niedertemperaturkessels als Spitzenlastheizgerät zurückzuführen ist. Demzufolge erhöhen sich auch die Brennstoffkosten von 7200,00 € für den bisherigen Heizkessel auf 8527,78 € für die BHKW Anlage. Außerdem ermittelt das System 6.607 Betriebsstunden und 4.722 Vollbenutzungsstunden für den Einsatz des BHKW.

Die weiteren Ergebnisse hängen von der im Objekt genutzten Menge an KWK-Strom aus dem BHKW ab, deshalb wird eine separate Auswertung für jede einzelne Variante der Stromnutzung vorgenommen. Die vom Vaillant Berechnungstool ermittelten Ergebnisse für Variante 1 befinden sich im Anhang I, für Variante 2 im Anhang II und für Variante 3 im Anhang III.

²⁶⁷ Vgl. Stadtwerke Glauchau Dienstleistungsgesellschaft mbH o.J., o.S..

Variante 1: Vollständige Einspeisung des KWK-Stroms in das Stromnetz:

Um die Wirtschaftlichkeit einer BHKW Anlage mit der vollständigen Einspeisung des KWK-Stroms in das Stromnetz zu berechnen, muss im Berechnungstool der Stromverbrauch auf null gesetzt werden. Wie im folgenden Diagramm über die „Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 1“ in Abbildung 9 zu sehen ist, bleibt der tatsächliche Strombedarf von jährlich 30.000 Kilowattstunden der Mieter sowie 3.000 Kilowattstunden Allgemeinstrombedarf im Jahr bestehen und muss über einen externen Stromlieferanten bezogen werden. Das BHKW erzeugt eine Strommenge von 22.195 Kilowattstunden, welche vollständig ins Stromnetz eingespeist wird.

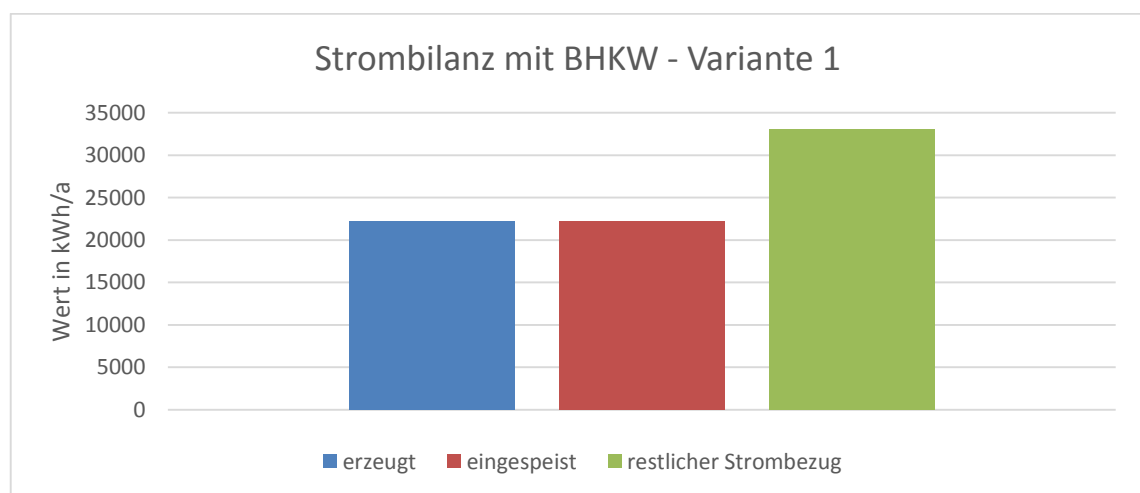


Abbildung 9: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 1

Somit können keine Einsparungen durch Nutzung des KWK-Stroms erzielt werden. Es entstehen Erlöse von 1311,35 € für die Einspeisung ins Netz und 1428,88 € durch die Vergütung des KWK-Bonus. Des Weiteren kann die Energiesteuer über 642,60 € zurückerstattet werden. Mehrkosten im Vergleich zum bisher installierten Niedertemperaturkessel ergeben sich aus den um 1327,78 € höheren Brennstoffkosten sowie 553,25 € teureren Wartungskosten für das BHKW. Die Entrichtung der EEG-Umlage für Eigenstrom ist nicht notwendig, da die ersten 10.000 Kilowattstunden an selbstverbrauchtem Strom im Jahr befreit sind. Insgesamt ergeben sich jährliche Kosteneinsparungen von 1501,80 €.

In Abbildung 10 ist die Energiebilanz des BHKW im MFH für Variante 1 dargestellt. Darin ist zu erkennen, dass der Wärmedeckungsgrad der BHKW Anlage bei 60,12 % liegt. Das bedeutet, dass etwa 60 % des tatsächlichen Wärmebedarfs des MFH durch die BHKW Anlage gedeckt werden können. Der Stromdeckungsgrad des BHKW beträgt 0,00 %, da

im Gebäude kein KWK-Strom genutzt wird. Die Energiekosten lassen sich nachhaltig um 21,83 % senken.

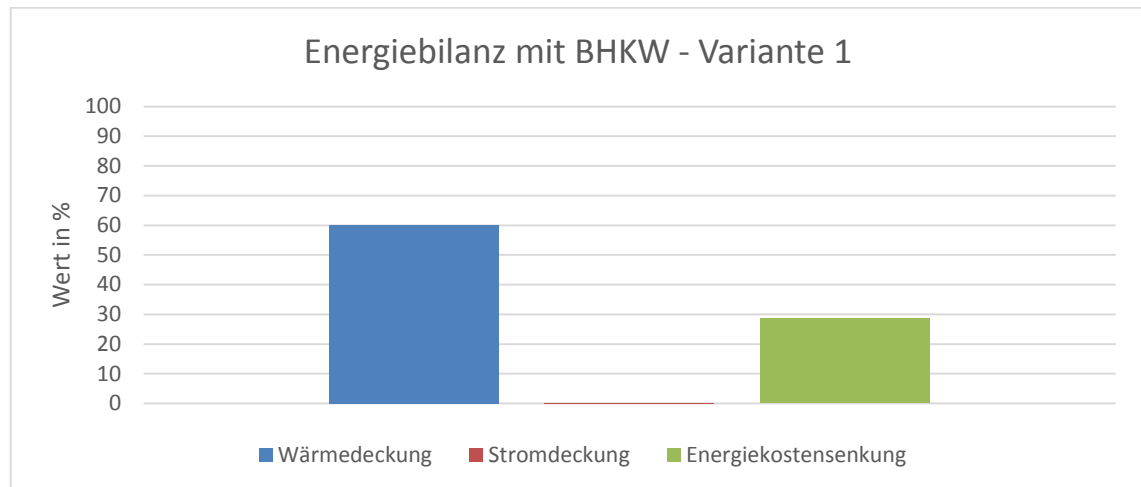


Abbildung 10: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 1

Variante 2: Verbrauch des KWK-Stroms im MFH durch die Mieter mit Einspeisung des überschüssigen Strom in das Stromnetz:

Der Strombedarf des gesamten Gebäudes liegt bei insgesamt 33.000 Kilowattstunden. Für die Versorgung aller Mieter sowie des Allgemeinstrombedarfes des MFH mit KWK-Strom lassen sich 18.210 Kilowattstunden durch das BHKW decken. Wie in Abbildung 11 zu sehen, beträgt die von der BHKW Anlage erzeugte Strommenge allerdings 22.195 Kilowattstunden. Daraus ergeben sich 3.985 Kilowattstunden, die ins Stromnetz eingespeist werden. Um den restlichen Strombedarf zu decken, müssen zusätzlich 14.790 Kilowattstunden bezogen werden.

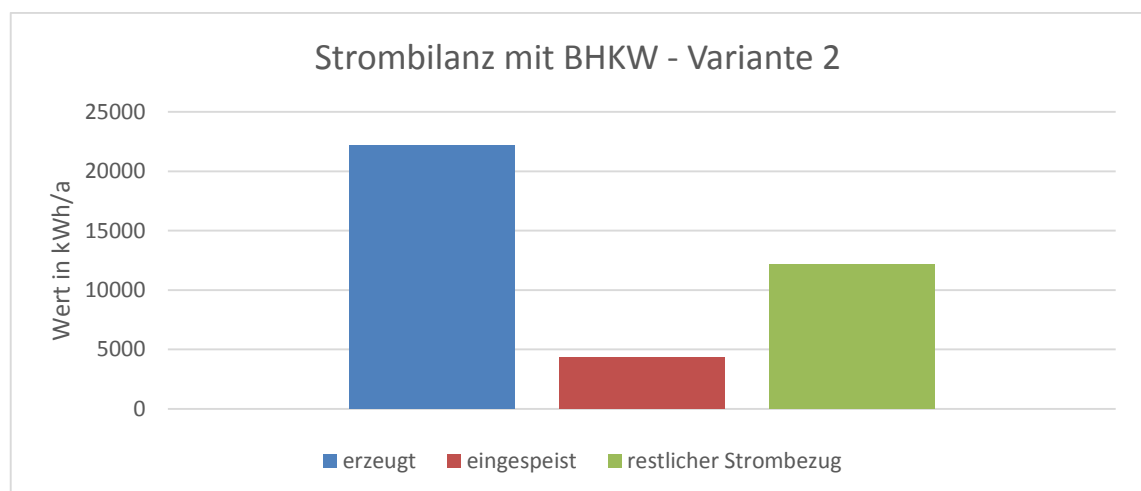


Abbildung 11: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 2

Somit können im Vergleich zum vollständigen Strombezug von einem Stromversorgungsunternehmen 4552,45 € jährlich gespart werden. Des Weiteren erhält der BHKW Betreiber Erlöse über 235,45 € für die Rückspeisung von KWK-Strom ins Stromnetz und 1428,88 € durch den Erhalt des KWK-Bonus. Außerdem können durch die Energiesteuerrücküberstattung 642,60 € geltend gemacht werden. Höhere Kosten ergeben sich lediglich aus den im Vergleich zum Niedertemperaturkessel um 553,25 € höheren jährlichen Wartungskosten der BHKW Anlage, sowie den um 1327,78 € höheren Brennstoffkosten und aus der Entrichtung der EEG-Umlage für Eigenstrom, welche 153,69 € beträgt. Somit ergeben sich jährliche Kosteneinsparungen von insgesamt 4824,66 € im Jahr.

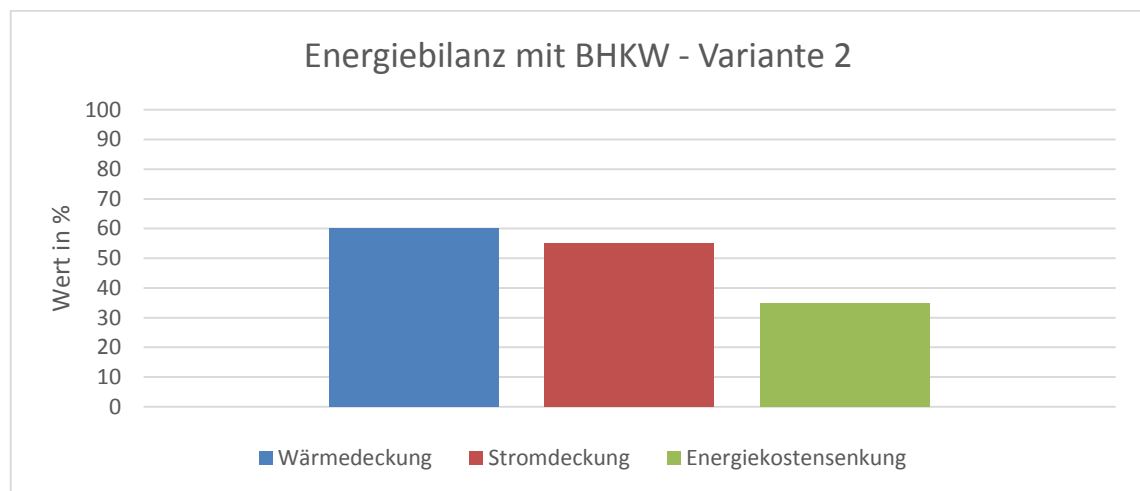


Abbildung 12: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 2

Abbildung 12 zeigt, dass die BHKW Anlage über einen Wärmedeckungsgrad von 60,12 % und einen Stromdeckungsgrad von 55,18 % im MFH verfügt. Außerdem können mit dem Einsatz des BHKW im MFH die jährlichen Energiekosten um 34,81 % gesenkt werden.

Variante 3: Nutzung des KWK-Stroms für den Allgemeinstrombedarf im MFH mit Einspeisung des überschüssigen Stroms in das Stromnetz:

Da der Strom aus dem BHKW lediglich für den Allgemeinstrombedarf im MFH verwendet wird, liegt der Stromverbrauch im Jahr bei nur 3.000 Kilowattstunden. Dabei beziehen die Mieter den Strom für ihre Wohnung selbst von einem Stromlieferanten. 2.400 Kilowattstunden können vom BHKW gedeckt werden, die restlichen 600 Kilowattstunden müssen von einem Energieversorgungsunternehmen bezogen werden. Wie in Abbildung 13 erkenntlich wird, erzeugt das BHKW allerdings eine Strommenge von 22.195 Kilowattstunden. Die überschüssigen 19.795 Kilowattstunden Strom werden ins Stromnetz eingespeist.

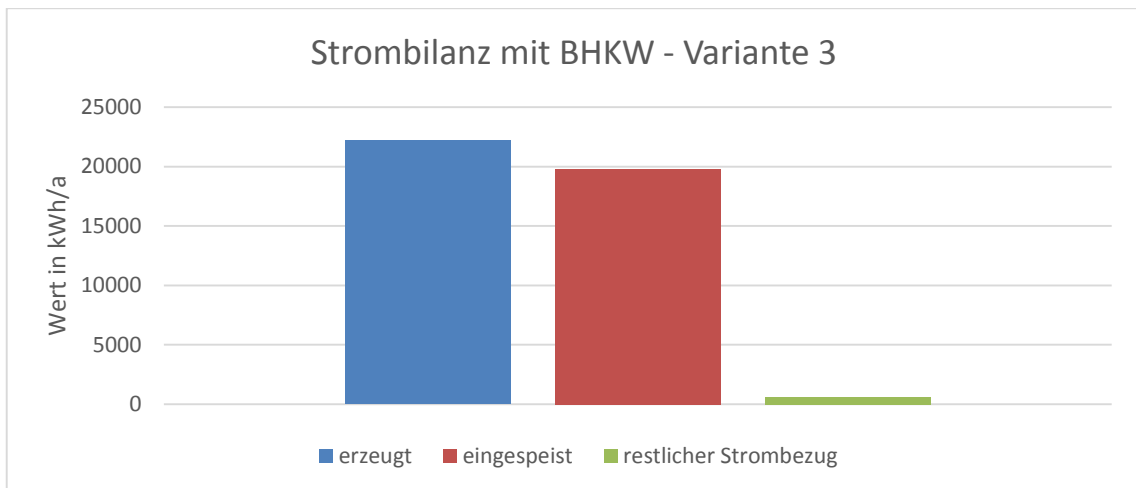


Abbildung 13: Strombilanz des MFH mit BHKW für Variante 3

Dadurch lassen sich im Vergleich zum herkömmlichen Bezug für Allgemeinstrom 600,00 € sparen. Außerdem entstehen jährliche Erlöse über 1 169,55 € für die Rückspeisung von KWK-Strom ins Netz und 1 428,88 € durch den Erhalt des KWK-Bonus. Durch die Erstattung der Energiesteuer für den im BHKW eingesetzten Brennstoff erhält der BHKW Betreiber einen Betrag von 642,60 € im Jahr. Die Mehrkosten für den Einsatz des BHKW betragen 1 327,78 € für Brennstoff und 553,25 € für Wartungskosten der Anlage. Eine Entrichtung der EEG-Umlage wird aufgrund der niedrigen Stromnutzung nicht fällig. Daraus resultieren jährliche Einsparungen von insgesamt 1 960,00 €.

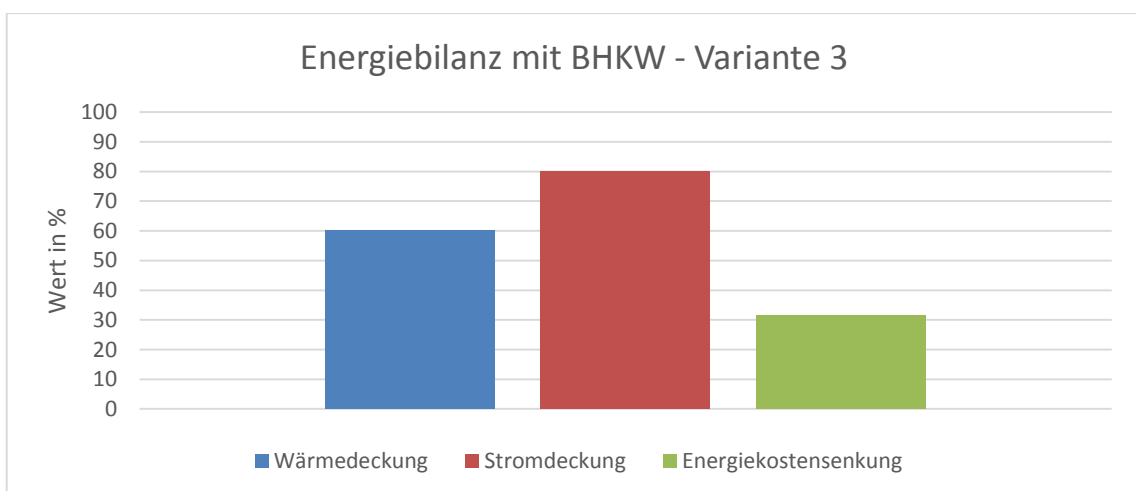


Abbildung 14: Wärmebilanz der BHKW Anlage im MFH für Variante 3

Aus dem Diagramm in Abbildung 14 lässt sich ablesen, dass der Wärmedeckungsgrad der BHKW Anlage ebenfalls bei 60,12 % liegt. Von den 3.000 Kilowattstunden Allgemeinstrombedarf können 2.400 Kilowattstunden vom BHKW gedeckt werden. Das ergibt einen Stromdeckungsgrad von 80,00 %. Die Energiekosten des Gebäudes sinken durch den Einsatz der BHKW Anlage um 31,61 %.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das BHKW für alle drei Varianten der Stromnutzung im MFH wirtschaftlich zu betreiben ist. Einen Überblick über Kosteneinsparungen und die Energiekostensenkung der einzelnen Varianten befindet sich in Tabelle 1. So sind die Kosteneinsparungen sowie die Energiekostensenkung für Variante 1, in welcher überhaupt kein KWK-Strom im Gebäude genutzt wird, mit 1501,80 € bzw. 21,83 % am geringsten. Variante 3 weist aufgrund der Nutzung des KWK-Stroms für den Allgemeinstrombedarf im MFH Kosteneinsparungen von 1960,00 € und eine höhere Energiekostensenkung von 31,61 % auf. Bei Variante 2 sind die Kosteneinsparungen am höchsten. Durch die Nutzung des vom BHKW erzeugten Stromes für den Gesamtstrombedarf im MFH werden 4824,66 € eingespart. Die Energiekosten können dabei für das gesamte Gebäude um 34,81 % gesenkt werden.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Kosteneinsparungen	1501,80 €	4824,66 €	1960,00 €
Energiekostensenkung	21,83 %	34,81 %	31,61 %

Tabelle 1: Übersicht Wirtschaftlichkeitsberechnung

Für die Varianten 1 und 3 mit geringer Stromnutzung aus dem BHKW sind die Kosteneinsparungen im Vergleich zur herkömmlichen Energieversorgung deutlich kleiner als bei Variante 2, wo eine höhere Menge an KWK-Strom im Gebäude genutzt wird. Denn je mehr vom BHKW erzeugter Strom im Gebäude genutzt werden kann, desto mehr Kosten können durch die Nutzung der BHKW Anlage eingespart werden. Somit steigt durch eine höhere Eigennutzung an selbst erzeugtem KWK-Strom auch die Wirtschaftlichkeit.

Der Wärmedeckungsgrad der BHKW ist für die Varianten 1-3 mit 60,12 % identisch. Das liegt daran, dass der Wärmebedarf des Objektes für die einzelnen Varianten ebenfalls identisch ist und somit die Wärmeleistung des BHKW für alle 3 Optionen gleich ausgelegt werden kann. Die Prozentzahl ist darauf zurückzuführen, dass das BHKW, aufgrund der Auslegung des BHKW auf eine hohe Anzahl an Betriebsstunden im Jahr, nur eine bestimmte Grundlast bei der Wärmeversorgung übernimmt und der Rest von einem Spitzenlastkessel erzeugt wird. Somit deckt es nur einen Anteil von 60,12 % des Wärmebedarfes.

Unterschiede gibt es allerdings bei dem Stromdeckungsgrad. Während die Kennzahl für die erste Variante, aufgrund der vollständigen Einspeisung des KWK-Stromes, bei null liegt, weisen Variante 2 und 3 Stromdeckungsgrade von 55,18 % bzw. 80,00 % auf. Das der Stromdeckungsgrad bei Variante 3 vergleichsweise hoch einzuschätzen ist, liegt daran, dass der Strombedarf mit 3.000 Kilowattstunden im Jahr recht gering ist.

Darüber hinaus können durch den Einsatz der BHKW Anlage im MFH für alle Varianten der Stromnutzung die jährlichen CO₂ Emissionen um 32,53 % reduziert werden. Das entspricht 12,46 Tonnen und damit der jährlichen CO₂ Aufnahme von 6 Bäumen.

5 Zusammenfassung

Das Potenzial des Einsatzes von BHKW Anlagen im Bereich der Wohnungswirtschaft in Deutschland ist sehr groß. Die Anlagen sind technisch ausgereift, flexibel bezüglich ihres Aufstellortes sowie Brennstoffes und in verschiedenen Leistungsklassen für unterschiedlich große Einsatzgebiete verfügbar. Trotz allem und des konstanten Anstieges in den letzten Jahren, ist der Anteil an KWK-Technologie in Deutschland, besonders im Hinblick auf BHKW, im Vergleich zu anderen EU-Ländern nur durchschnittlich. So könnten BHKW einen noch größeren Beitrag zum Ausbau der KWK und somit zur Erreichung der im KWK-Gesetz verankerten, sowie energiepolitischen Zielen leisten.

Die Vorteile von BHKW Anlagen sind vielfältig. Durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme werden wertvolle Energieressourcen gespart und es entstehen geringere Schadstoffemissionen, wodurch die Umwelt geschont wird. Ökonomische Vorteile ergeben sich aus Investitionsförderungen, weiteren staatlichen Fördermaßnahmen und möglichen steuerlichen Vergünstigungen. Durch die Erzeugung und Nutzung des vom BHKW erzeugten Stroms wird der Einkauf von teurerem Strom gespart. Zudem lassen sich durch den Verkauf des KWK-Stroms, durch das Einspeisen von überschüssigem Strom ins Netz und durch gesetzliche Vergütungen sogar Erlöse erzielen. Somit ist das mit dem BHKW versorgte Objekt unabhängig von Stromversorgern und kann unter Umständen sogar einen Wertanstieg aufweisen.

Ein Nachteil von BHKW Anlagen ist der, im Vergleich zu anderen Heizungssystemen, hohe Anschaffungspreis. Außerdem sind der Aufwand und die nötigen Kenntnisse ein BHKW zu errichten und zu betreiben wesentlich höher, als bei der gewöhnlichen Energieversorgung. Allerdings gibt es eine Vielzahl an verschiedenen Institutionen, welche technische, organisatorische und wirtschaftliche Beratung und Unterstützung für die Planungs- und Betriebsphase anbieten.

In Mehrfamilienhäusern ist der Einsatz einer BHKW Anlage in vielen Fällen interessanter als beispielsweise in Ein- oder Zweifamilienhäusern, da eine große Anzahl an Abnehmern der erzeugten Energie vorhanden ist. Somit reduzieren sich die Nebenkosten der Mieter und durch die Vergütung des eingespeisten Stroms kann sich auch die Rendite des Eigentümers erhöhen. Darüber hinaus stellt der Einsatz eines BHKW eine sinnvolle

energetische Modernisierung dar. Insbesondere für Gebäude mit einer denkmalgeschützten Fassade ist die Installation einer BHKW Anlage oft die einzige Möglichkeit für eine energetische Sanierung. Allerdings stellt die teilweise komplizierte Vorgehensweise bei der Abrechnung der Strom- bzw. Wärmeverteilung im Mehrfamilienhausbereich Hindernisse für die flächendeckende Verbreitung von BHKW dar. Diese gilt es jedoch, durch eine Vereinheitlichung der Abrechnung, feste Regelungen und Initiativen für die Verbreitung von BHKW, zu überwinden. Denn der große Bestand an MFH in Deutschland macht den Durchbruch der dezentralen Energieversorgungstechnik im Mehrfamilienhausbereich unerlässlich für den Ausbau der KWK in der Bundesrepublik.

Dazu wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer BHKW Anlage an einem fiktiven Mehrfamilienhaus für drei verschiedene Stromlieferkonzepte vorgenommen. Die Berechnung bestätigte die bereits ausgeführten Annahmen, dass der größte wirtschaftliche Ertrag bzw. Nutzen der BHKW Anlage bei der höchstmöglichen Nutzung an KWK-Strom im Objekt entsteht. Aber auch für die Varianten der ausschließlichen Nutzung des KWK-Stroms für Allgemeinstrom und der Volleinspeisung ins Netz erweist sich der Einsatz der BHKW Anlage als wirtschaftlich sinnvoll.

Zukünftig werden steigende Energiepreise zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit beitragen und zunehmende Erfahrungen mit der Gebäudeversorgung durch BHKW Anlagen dabei helfen bestehende Hemmnisse abzubauen. Des Weiteren sollte mit künftigen gesetzlichen Verschärfungen zum Ausbau regenerativer und hocheffizienter Technologien im Zuge der Energiewende zu rechnen sein. Außerdem wird weiter an der Verbesserung innovativer, emissionsarmer BHKW Technologien, wie der Brennstoffzelle, gearbeitet, was eine zukunftsnahe Etablierung der Geräte am Markt versprechen lässt. Zudem werden sich zukünftig die Möglichkeiten und Voraussetzungen zum wirtschaftlichen Betrieb von BHKW Anlagen mit regenerativen Brennstoffen verbessern. Diese Faktoren werden dazu beitragen, dass die Verbreitung der dezentralen Heizkraftwerke weiter voranschreitet und somit der Anteil der KWK am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland weiterhin steigt.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

Aigenbauer, Stefan; Strasser, Christoph; Zwiauer, Katharina (o.J.): Blockheizkraftwerke, Wien: GrAT – Gruppe Angepasste Technologie, in: <http://www.e-genius.at/lernfelder/themenfeld-erneuerbare-energien/grundlagen-blockheizkraftwerke?type=0>, abgerufen am: 14.08.2015.

Arthkamp, Jochen; Nowak, Wolfgang (2010): BHKW-Grundlagen, Berlin: ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., in: http://asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2010/broschueren/06_06_10_bhkw-grundlagen-2010.pdf, abgerufen am: 02.08.2015.

Arthkamp, Jochen; Nowak, Wolfgang (2015): BHKW-Fibel. Wissen in kompakter Form, Berlin: ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., in: http://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/2015/broschueren/asue_050315_bhkw_fibel.pdf, abgerufen am: 31.08.2015.

Bachor, Andreas; Bemann, Ulrich; Braunwarth, Henry; Brosziewski, Heinz Ulrich; Hack, Martin; Heß, Jörg; Ksinsik, Kai; Matics, Jens; Neumann, Volker; Scholz, Wulf-Hagen; Weisenberger, Dietmar; Wittneben, Doris (2010): Abrechnungsvarianten, Stromerzeugung aus KWK Anlagen in Mehrfamilienhäusern, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (VDI-GEU), in: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/geu_dateien/Abrechnungsvarianten-Text-BWK_7-8-2010.pdf, abgerufen am: 17.08.2015.

Baron, Renigard (2014): Nachhaltiges Bauen ist Bauen für die Zukunft, in: Der Facility Manager, 2014, Heft 3, S. 28 – 32.

Binde, Wulf; Brockmann, Tibor; Kukuk, Jürgen Stefan; Lorch, Gerhard; Neuhaus, Gerhard; Scholz, Ute (2014): Leitfaden zur Anmeldung und steuerlichen Behandlung von Mikro-BHKWs bis zu 5 kW, Berlin: ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., in: http://www.asue.de/sites/default/files/asue/themen/blockheizkraftwerke/steuerbroschuere/06_05_14_asue_steuerleitfaden_bhkw.pdf, abgerufen am: 23.08.2015.

Brettschneider, Franziska; Diermann, Ralph; Grund-Ludwig, Pia; Lechner, Herbert; Partschfeld, Mirko; Thole, Silke; Vogel, Michael (2012): Blockheizkraftwerke, Wärme und Strom für Ein- und Mehrfamilienhäuser, München: Süddeutscher Verlag onpact GmbH.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (o.J.): Zuschuss für Mini-KWK-Anlagen, in: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/mini_kwk_anlagen/, abgerufen am 15.08.2015.

Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) (o.J.): Grafiken zur KWK, in: http://www.bkwk.de/infos_zahlen_zur_kwk/grafiken_und_poster/, abgerufen am 01.08.2015.

Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V. (B.KWK) (o.J.): Chance für Wirtschaft und Umwelt. Kraft-Wärme-Kopplung, in: http://www.bkwk.de/fileadmin/users/bkwk/aktuelles/Broschur/BKWK_Chance_fuer_Wirtschaft_und%20Umwelt_Broschuere_A4_web.pdf, abgerufen am 06.08.2015.

DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH (o.J.): Keine Energiesteuer und Stromsteuer für Blockheizkraftwerke, in: <http://www.heizungsfinder.de/bhkw/wirtschaftlichkeit/energiesteuer>, abgerufen am 16.08.2015.

Deutscher Caritasverband e. V. (2013): Aktiv im Klimaschutz, in: <http://www.caritas.de/neue-caritas/heftarchiv/jahrgang2013/artikel/aktiv-im-klimaschutz>, abgerufen am 10.08.2015.

Erneuerbare-Energie-Gesetz (2015), idF. v. 2014.

f.u.n.k.e. SENERGIE GmbH (o.J.): BHKW für Gewerbebetriebe, in: <http://www.senergie.de/biogas/wissenswertes.html>, abgerufen am 14.08.2015.

Gerlach, Joachim (2012): Steuerliche Konzepte für Vermieter und BHKW-Betreiber, in: http://www.eor.de/fileadmin/downloads/2012/KWK-Offensive_2012/Mehrfamilienhaeuser_2012/04_Gerlach__Vortrag_Kaiserslautern_11.05.2012_-_Steuerliche_Konzepte.pdf, abgerufen am 23.08.2015.

Haupt, Christian; Tritschler, Markus; Weisenberger, Dietmar (2011): Ermittlung der umlagefähigen Wärmeerzeugungskosten von KWK-Anlagen, o.O.: o. Hrsg., in: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gbg_dateien/HLH_1-2011_Haupt-Tritschler-Weisenberg.pdf, abgerufen am: 20.08.2015.

Hübelt, Jörn; Schulze, Christian (2013): Lärminderung bei Mikro-BHKW, Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), in: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/12159>, abgerufen am: 04.08.2015.

Investitionsbank Schleswig-Holstein (2013): Wohnungsunternehmen als Energieversorger. Blockheizkraftwerke, in: http://www.ib-sh.de/fileadmin/user_upload/downloads/Immobilien/BHKW/Blockheizkraftwerke.pdf, abgerufen am 19.08.2015.

Jäger, Jens (2011): Strom verkaufen – Möglichkeiten für den wirtschaftlichen BHKW-Betrieb im Mehrfamilienhaus, in: <http://www.akvt.de/ft2011/unterlagen/B3-B.KWK.pdf>, abgerufen am 25.08.2015.

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2014), idF. v. 2002.

Landesamt für Statistik Niedersachsen (2014): Erste Ergebnisse der Gebäude – und Wohnungszählung 2011, Hannover: Statistische Ämter des Bundes und der Länder, in: http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/Zensus_2011_GWZ.pdf, abgerufen am: 16.08.2015.

Milles, Uwe (2006): Kraft und Wärme koppeln, Eggenstein-Leopoldshafen: FIZ Karlsruhe GmbH, in: http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis_Energie/Basis_Energie_Nr._21/basis21internetx.pdf, abgerufen am: 01.08.2015.

Müller, Wolfgang; Frey, Günther; Dröschel, Barbara; Schnutenhaus, Jörn; von La Chevallerie, Annika; Geipel, Martin; Groh, Michael (2009): ENERGIE DREIFACH NUTZEN. Strom, Wärme und Klimaschutz: Ein Leitfaden für kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Mini-KWK), 2. aktualisierte Auflage, Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), in: http://www.bubw.de/PDF_Daten/Downloadbereich/Downloads_2008/leitfaden_mini_kwk.pdf, abgerufen am: 14.08.2015.

o.V. (2012): Planungsinformation ecoPOWER, Wilsdruff OT Kesselsdorf: Vaillant PowerPlus Technologies GmbH.

o.V. (2013): Stromverkauf an Mieter rechtlich absichern, in: http://www.sbz-online.de/gentner.dll/018-022-SBZ-2013-04-0412-TOP-VAILLANT_MzkzNDY3.PDF?UID=902B38CF64E43C7F2BD93AA2485ED79A8D8DFD47426180, abgerufen am: 17.08.2015.

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (o.J.): Energiewende - die einzelnen Maßnahmen im Überblick, in: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatistischeSeiten/Breg/Energiekonzept/0-Buehne/ma%C3%9Fnahmen-im-ueberblick.html>, abgerufen am 07.08.2015.

Raetsch, Andreas (2014): Eigenstromerzeugung und –verbrauch im EEG 2014, Hannover: Industrie- und Handelskammer Hannover, in: http://www.hannover.ihk.de/fileadmin/data/Dokumente/Themen/Energie/140728_Merkblatt_Eigenstrom_2.pdf, abgerufen am: 19.08.2015.

Recknagel, Hermann; Sprenger, Eberhardt; Schramek, Ernst-Rudolf (2007): Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, 73. Auflage, München: Oldenbourg Industrieverlag.

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH (2014): Kraft-Wärme-Kopplung. Effizienz von klein bis groß, 2. Auflage, Dresden: Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH, in: http://www.saena.de/download/Broschueren/BB_Kraft_Waerme_Kopplung.pdf, abgerufen am: 05.08.2015.

Schaumann, Gunter; Schmitz, Karl W. (2010): Kraft-Wärme-Kopplung, 4. vollständig bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Schmitz, Jascha; Gerlach, David (2014): Ihr Blockheizkraftwerk-Buch. So verstehen und planen Sie Ihr eigenes Blockheizkraftwerk, in: www.ihr-bhkw.de, abgerufen am 01.08.2015.

Schulz, Marion; Westkämper, Hubert (2013): Die neue Heizung. Umweltfreundlich und wirtschaftlich heizen mit Gas, Holz, Strom und Sonnenenergie, Staufen bei Freiburg: ökobuch Verlag.

Sperlich, Volker (2006): Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – Was ist das eigentlich?, in: https://www.uni-due.de/imperia/md/content/energie/aufs_kwk.pdf, abgerufen am 14.08.2015.

Stadtwerke Glauchau Dienstleistungsgesellschaft mbH (o.J.): <http://www.stadtwerke-glauchau.de/>, abgerufen am 15.09.2015.

Steinborn innovative Gebäude-Energieversorgung (o.J.): BHKW Stromabrechnung im Wohnungsbau, in: <http://www.ihr-bhkw-berater.de/bhkw-stromabrechnung-im-wohnungsbau>, abgerufen am 25.08.2015.

Suttor, Wolfgang (2009): Blockheizkraftwerke. Ein Leitfaden für den Anwender, 7. überarbeitete Auflage, Karlsruhe: Solarpraxis AG.

Thomas, Bernd (2011): Mini-Blockheizkraftwerke Grundlagen, Gerätetechnik, Betriebsdaten, 2. Auflage, Würzburg: Vogel Buchverlag.

Umweltbundesamt (2014): Ziele der Energiewende, in: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/energiebereitstellung-verbrauch/ziele-der-energiewende>, abgerufen am: 07.08.2015.

VDI-Fachbereich Energiewandlung und –anwendung (2008): Kurzreferat. Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen, in: https://www.vdi.de/richtlinie/vdi_4655-referenzlastprofile_von_ein_und_mehrfamilienhaeusern_fuer_den_einsatz_von_kwk_anlagen/, abgerufen am 19.08.2015.

Wawer, Tim; Hohmeier, Stephan; Seidl, Hannes (2012): Steigerung der Flexibilität und Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen durch die Kombination mit Wärmespeichern, Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH, in: http://www.effiziente-energiesysteme.de/fileadmin/user_upload/1_Fachmodule/KWK/Apr-2012_dena-Studie_W%C3%A4rmespeicher_final.pdf, abgerufen am: 07.08.2015.

Anlagen

Anlage I: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1	61
Anlage II: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2	64
Anlage III: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3	67

Anlage I: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Projektdaten / Mehrfamilienhaus - Variante 1 (Stromvolleinspeisung)

Anlagenstandort / Kundendaten

Name:	<input type="text"/>
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon:	<input type="text"/>
Bauvorhaben:	Bachelorarbeit
Projekt:	Mehrfamilienhaus

Fachhandwerker

Name	HS Mittweida Student
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon/Fax:	<input type="text"/>
E-Mail:	<input type="text"/>
Ansprechpart.:	Sebastian Poppitz

Gebäudeart:	Mehrfamilienhaus	Maßnahme:	Modernisierung
Brennstoff Heizung:	Erdgas	Brennstoff KWK-Modul:	Erdgas
Nutzungsgrad bisherige Heizung:	Gas, Niedertemperatur 90%	Nutzungsgrad neue Heizung:	Brennwert 98%
Stromverbrauch der letzten 12 Monate:	0 kWh/a	Wartung KWK-Modul:	ohne Vertrag
Brennstoffverbrauch der letzten 12 Monate:	120000 kWh(Ho) /a	Wartungskosten Material:	684,25 €/a
Brennstoffkosten für Erdgas::	6 ct/kWh (Ho)	Wartungskosten Material Dienstleistung:	119 €/a
Stromkosten:	25 ct/kWh	Einmaliger Zuschuss zu ecoPOWER:	0 €

Alle Preisangaben sind Bruttopreise (mit MwSt.)

Systemvorschlag *

	Anzahl der Module	elektrische Leistung	thermische Leistung
ecoPOWER 4.7	1	1,3-4,9 kW	4-12,5 kW

Diese Prognose beruht auf Annahmen sowie Daten der angegebenen Parameter und ersetzt keine detaillierte Planung. Insbesondere bei komplexen Anlagen kann das Ergebnis aufgrund von in der Berechnung nicht berücksichtigten Parametern stark abweichen.

Abweichende Betriebsbedingungen sind insbesondere auf die vorherrschenden Außentemperaturen, Änderungen des Stromabnahmepreises, die Einstellungen der Thermostat-/Zonenventile, sowie Reglereinstellungen zurückzuführen. Weiterhin beeinflusst das Nutzungsverhalten des Betreibers die Laufzeiten des ecoPOWER erheblich (das Lüftungsverhalten, die gewählte Raumtemperatur etc.), so dass diese Prognose keinesfalls verbindlich sein kann.

*Angaben zur elektrischen Leistung gemäß EN 60335/1 in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe, dem Luftdruck, der Umgebungstemperatur und von den Einsatzbedingungen können die Leistungsdaten variieren. Toleranz ± 5%.

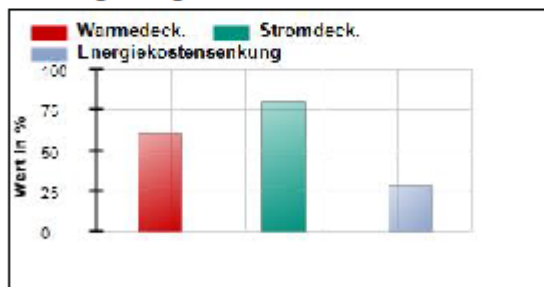


Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

	Ihre bisherige Heizung		Ihre neue Heizung mit KWK
Brennstoffverbrauch:	120000 kWh(Ho) /a	Gesamtbrennstoffverbrauch:	142130 kWh (Ho)/a
		davon Verbrauch KWK:	89257 kWh/a
Brennstoffkosten:	7200,00 €/a		8527,78 €/a
Stromverbrauch / restl. Strombezug:	0 kWh		0 kWh
Stromkosten:	0,00 €/a		0,00 €/a
Wartungskosten:	250,00 €/a		803,25 €/a
EEG- Umlage für Eigenstrom ¹⁾			0,00 €/a
Erlöse durch Rückspeisung			1311,35 €/a
Energiesteuerrückstattung: ²⁾			642,60 €/a
Erlös durch KWK-Bonus:			1428,88 €/a
Betriebsstunden / Vollbenutzungsstunden der KWK:			6607/4722 h
Ihre jährlichen Kosteneinsparungen betragen:			1501,80 €/a
Sie sparen jedes Jahr		Sie verdienen jedes Jahr	
Stromkosten ohne Stromsteuer:	0,00 €/a	durch Rückspeisung:	1311,35 €/a
Stromsteuer:	0,00 €/a	durch Energiesteuerrückstattung:	642,60 €/a
Sie steigern die Effizienz Ihrer Anlage		Ihr Stromdeckungsgrad durch KWK beträgt:	80,00 %
Ihr Wärmedeckungsgrad durch KWK beträgt:	60,12 %		

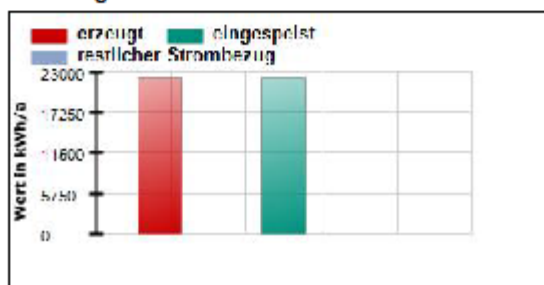
Zukünftige Energiebilanz mit KWK



Sie senken Ihre Energiekosten

Ihre Energiekosten sinken um: %

Zukünftige Strombilanz in kWh



Erzeugte Strommenge: kWh/a

Restlicher Strombezug: kWh/a

Eingespeiste Strommenge: kWh/a

Selbst verbrauchte Stromm.: kWh/a

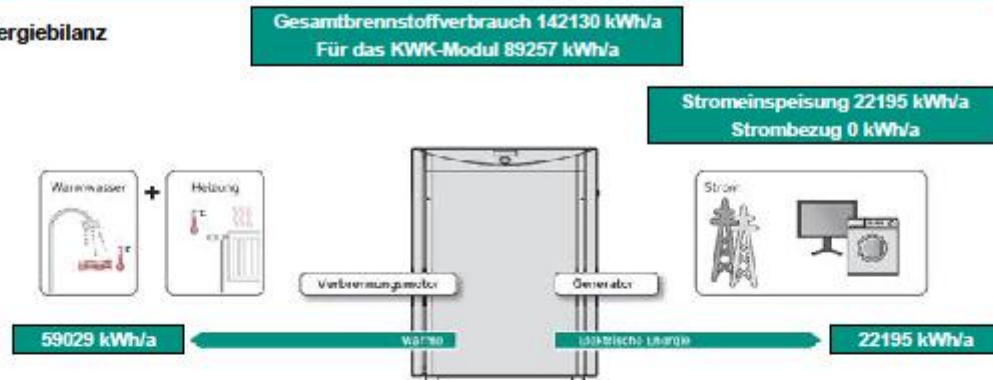
* "Stromdeckungsgrad durch KWK" aufgrund Programmierungsfehler der Software nicht korrekt dargestellt



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

Energiebilanz



Sie schonen mit Ihrer Anlage die Umwelt

Ihre jährliche CO₂-Einsparung: %

dies entspricht t/a

12,46 Tonnen CO₂ entsprechen einer jährlichen Pkw-Laufleistung von 82145 Km. *



12,46 Tonnen CO₂ entsprechen der jährlichen CO₂-Aufnahme von 6 Bäumen.



* Durchschnittlicher Wert (151,7 g/km CO₂) der neu zugelassenen Personenkraftwagen (Pkw) in 2010. Quelle: Kraftfahrtbundesamt

- 1) Für Anlagen, die nach dem 01.08.2014 in Betrieb gehen, muss laut §61 EEG für jede erzeugte und selbst genutzte kWh Strom eine Umlage von aktuell 1,872 Cent/kWh abgeführt werden.
Bei Anlagen bis zu einer elektrischen Leistung von 10 kW sind die ersten 10.000 kWh selbst verbrauchten Stroms pro Kalenderjahr frei.
Achtung:
Abwicklung der EEG-Umlage für Eigenversorger vorerst ausgesetzt!
Die Übertragungsnetzbetreiber haben die Abwicklung der gemäß EEG2014 ab 01.08.2014 von Eigenversorgern zu zahlende EEG-Umlage vorläufig ausgesetzt.
Der Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung empfiehlt dem Eigenversorger entsprechende Rücklagen zu bilden, weil die EEG-Umlage dann möglicherweise auch rückwirkend erhoben wird.
- 2) Seit dem 01.04.2012 ist die Steuerentlastung (Energiesteuerrückerstattung) nach § 53 Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 EnergieStG; für in KWK-Anlagen verbranntes Gas ausgesetzt.
Erlass des Bundesministeriums für Finanzen (BMF), das die Aussetzung der Bearbeitung der Steuerentlastungsanträge wegen Auslaufen der beihilferechtlichen Genehmigung zum 31. März 2012 durch die Hauptzollämter bis zur Entscheidung der EU-Kommission angeordnet hat.

Anlage II: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Projektdaten / Mehrfamilienhaus - Variante 2 (Stromnutzung für Gesamtstrombe...)

Anlagenstandort / Kundendaten

Name:	<input type="text"/>
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon:	<input type="text"/>
Bauvorhaben:	Bachelorarbeit
Projekt:	Mehrfamilienhaus

Fachhandwerker

Name	HS Mittweida Student
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon/Fax:	<input type="text"/>
E-Mail:	<input type="text"/>
Ansprechpart.:	Sebastian Poppitz

Gebäudeart:	Mehrfamilienhaus	Maßnahme:	Modernisierung
Brennstoff Heizung:	Erdgas	Brennstoff KWK-Modul:	Erdgas
Nutzungsgrad bisherige Heizung:	Gas, Niedertemperatur 90%	Nutzungsgrad neue Heizung:	Brennwert 98%
Stromverbrauch der letzten 12 Monate:	33000 kWh/a	Wartung KWK-Modul:	ohne Vertrag
Brennstoffverbrauch der letzten 12 Monate:	120000 kWh(Ho) /a	Wartungskosten Material:	684,25 €/a
Brennstoffkosten für Erdgas::	6 ct/kWh (Ho)	Wartungskosten Material Dienstleistung:	119 €/a
Stromkosten:	25 ct/kWh	Einmaliger Zuschuss zu ecoPOWER:	0 €

Alle Preisangaben sind Bruttopreise (mit MwSt.)

Systemvorschlag *

	Anzahl der Module	elektrische Leistung	thermische Leistung
ecoPOWER 4.7	1	1,3-4,9 kW	4-12,5 kW

Diese Prognose beruht auf Annahmen sowie Daten der angegebenen Parameter und ersetzt keine detaillierte Planung. Insbesondere bei komplexen Anlagen kann das Ergebnis aufgrund von in der Berechnung nicht berücksichtigten Parametern stark abweichen.

Abweichende Betriebsbedingungen sind insbesondere auf die vorherrschenden Außentemperaturen, Änderungen des Stromabnahmepreises, die Einstellungen der Thermostat-/Zonenventile, sowie Reglereinstellungen zurückzuführen. Weiterhin beeinflusst das Nutzungsverhalten des Betreibers die Laufzeiten des ecoPOWER erheblich (das Lüftungsverhalten, die gewählte Raumtemperatur etc.), so dass diese Prognose keinesfalls verbindlich sein kann.

*Angaben zur elektrischen Leistung gemäß EN 60335/1 in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe, dem Luftdruck, der Umgebungstemperatur und von den Einsatzbedingungen können die Leistungsdaten variieren. Toleranz $\pm 5\%$.

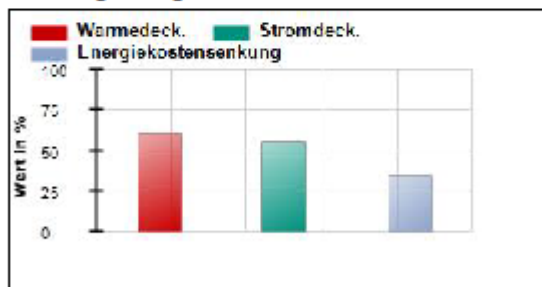


Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

	Ihre bisherige Heizung		Ihre neue Heizung mit KWK
Brennstoffverbrauch:	120000 kWh(Ho) /a	Gesamtbrennstoffverbrauch:	142130 kWh (Ho)/a
		davon Verbrauch KWK:	89257 kWh/a
Brennstoffkosten:	7200,00 €/a		8527,78 €/a
Stromverbrauch / restl. Strombezug:	33000 kWh		14790 kWh
Stromkosten:	8250,00 €/a		3697,55 €/a
Wartungskosten:	250,00 €/a		803,25 €/a
EEG- Umlage für Eigenstrom ¹⁾			153,69 €/a
Erlöse durch Rückspeisung			235,45 €/a
Energiesteuerrückstattung: ²⁾			642,60 €/a
Erlös durch KWK-Bonus:			1428,88 €/a
Betriebsstunden / Vollbenutzungsstunden der KWK:			6607/4722 h
Ihre jährlichen Kosteneinsparungen betragen:			4824,66 €/a
Sie sparen jedes Jahr		Sie verdienen jedes Jahr	
Stromkosten ohne Stromsteuer:	4108,22 €/a	durch Rückspeisung:	235,45 €/a
Stromsteuer:	444,23 €/a	durch Energiesteuerrückstattung:	642,60 €/a
Sie steigern die Effizienz Ihrer Anlage		Ihr Stromdeckungsgrad durch KWK beträgt:	55,18 %
Ihr Wärmedeckungsgrad durch KWK beträgt:	60,12 %		

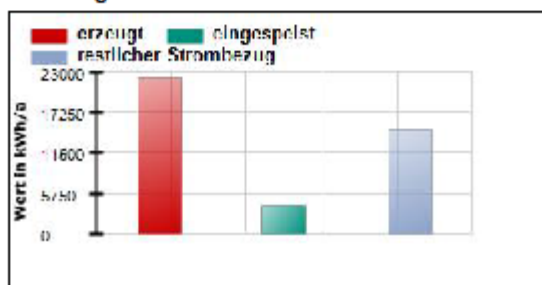
Zukünftige Energiebilanz mit KWK



Sie senken Ihre Energiekosten

Ihre Energiekosten
sinken um: **34,81 %** %

Zukünftige Strombilanz in kWh



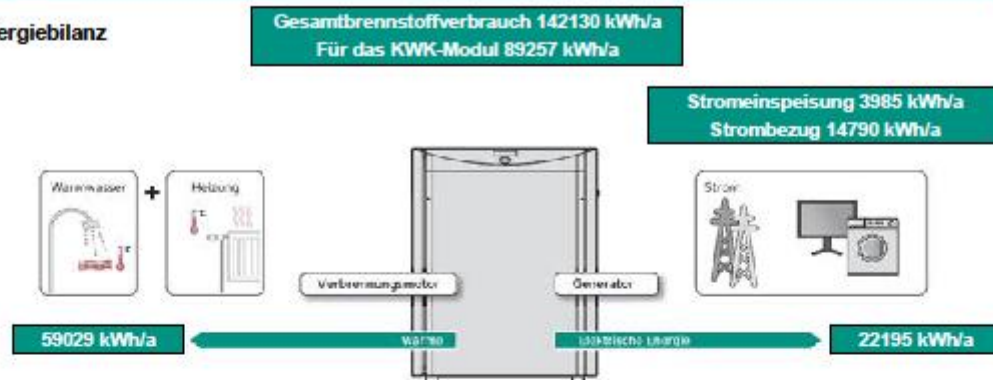
Erzeugte Strommenge: **22195** kWh/a
 Restlicher Strombezug: **14790** kWh/a
 Eingespelte Strommenge: **3985** kWh/a
 Selbst verbrauchte Stromm.: **18210** kWh/a



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

Energiebilanz



Sie schonen mit Ihrer Anlage die Umwelt

Ihre jährliche CO₂-Einsparung: %
dies entspricht t/a

12,46 Tonnen CO₂ entsprechen einer jährlichen Pkw-Laufleistung von 82145 Km. *



12,46 Tonnen CO₂ entsprechen der jährlichen CO₂-Aufnahme von 6 Bäumen.



* Durchschnittlicher Wert (151,7 g/km CO₂) der neu zugelassenen Personenkraftwagen (Pkw) in 2010. Quelle: Kraftfahrtbundesamt

- 1) Für Anlagen, die nach dem 01.08.2014 in Betrieb gehen, muss laut §61 EEG für jede erzeugte und selbst genutzte kWh Strom eine Umlage von aktuell 1,872 Cent/kWh abgeführt werden.
Bei Anlagen bis zu einer elektrischen Leistung von 10 kW sind die ersten 10.000 kWh selbst verbrauchten Stroms pro Kalenderjahr frei.
Achtung:
Abwicklung der EEG-Umlage für Eigenversorger vorerst ausgesetzt!
Die Übertragungsnetzbetreiber haben die Abwicklung der gemäß EEG2014 ab 01.08.2014 von Eigenversorgern zu zahlende EEG-Umlage vorläufig ausgesetzt.
Der Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung empfiehlt dem Eigenversorger entsprechende Rücklagen zu bilden, weil die EEG-Umlage dann möglicherweise auch rückwirkend erhoben wird.
- 2) Seit dem 01.04.2012 ist die Steuerentlastung (Energiesteuerrückerstattung) nach § 53 Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 EnergieStG; für in KWK-Anlagen verbranntes Gas ausgesetzt.
Erlass des Bundesministeriums für Finanzen (BMF), das die Aussetzung der Bearbeitung der Steuerentlastungsanträge wegen Auslaufen der befristeten Genehmigung zum 31. März 2012 durch die Hauptzollämter bis zur Entscheidung der EU-Kommission angeordnet hat.

Anlage III: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 3



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Projektdaten / Mehrfamilienhaus - Variante 3 (Stromnutzung für Allgemeinstro...)

Anlagenstandort / Kundendaten

Name:	<input type="text"/>
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon:	<input type="text"/>
Bauvorhaben:	<input type="text" value="Bachelorarbeit"/>
Projekt:	<input type="text" value="Mehrfamilienhaus"/>

Fachhandwerker

Name	<input type="text" value="HS Mittweida Student"/>
Strasse:	<input type="text"/>
PLZ/Ort:	<input type="text"/>
Telefon/Fax:	<input type="text"/>
E-Mail:	<input type="text"/>
Ansprechpart.:	<input type="text" value="Sebastian Poppitz"/>

Gebäudeart:	<input type="text" value="Mehrfamilienhaus"/>	Maßnahme:	<input type="text" value="Modernisierung"/>
Brennstoff Heizung:	<input type="text" value="Erdgas"/>	Brennstoff KWK-Modul:	<input type="text" value="Erdgas"/>
Nutzungsgrad bisherige Heizung:	<input type="text" value="Gas, Niedertemperatur 90%"/>	Nutzungsgrad neue Heizung:	<input type="text" value="Brennwert 98%"/>
Stromverbrauch der letzten 12 Monate:	<input type="text" value="3000"/> kWh/a	Wartung KWK-Modul:	<input type="text" value="ohne Vertrag"/>
Brennstoffverbrauch der letzten 12 Monate:	<input type="text" value="120000"/> kWh(Ho) /a	Wartungskosten Material:	<input type="text" value="684,25"/> €/a
Brennstoffkosten für Erdgas::	<input type="text" value="6"/> ct/kWh (Ho)	Wartungskosten Material Dienstleistung:	<input type="text" value="119"/> €/a
Stromkosten:	<input type="text" value="25"/> ct/kWh	Einmaliger Zuschuss zu ecoPOWER:	<input type="text" value="0"/> €

Alle Preisangaben sind Bruttopreise (mit MwSt.)

Systemvorschlag *

	Anzahl der Module	elektrische Leistung	thermische Leistung
ecoPOWER 4.7	1	1,3-4,9 kW	4-12,5 kW

Diese Prognose beruht auf Annahmen sowie Daten der angegebenen Parameter und ersetzt keine detaillierte Planung. Insbesondere bei komplexen Anlagen kann das Ergebnis aufgrund von in der Berechnung nicht berücksichtigten Parametern stark abweichen.

Abweichende Betriebsbedingungen sind insbesondere auf die vorherrschenden Außentemperaturen, Änderungen des Stromabnahmepreises, die Einstellungen der Thermostat-/Zonenventile, sowie Reglereinstellungen zurückzuführen. Weiterhin beeinflusst das Nutzungsverhalten des Betreibers die Laufzeiten des ecoPOWER erheblich (das Lüftungsverhalten, die gewählte Raumtemperatur etc.), so dass diese Prognose keinesfalls verbindlich sein kann.

*Angaben zur elektrischen Leistung gemäß EN 60335/11 in Abhängigkeit von der Aufstellhöhe, dem Luftdruck, der Umgebungstemperatur und von den Einsatzbedingungen können die Leistungsdaten variieren. Toleranz $\pm 5\%$.

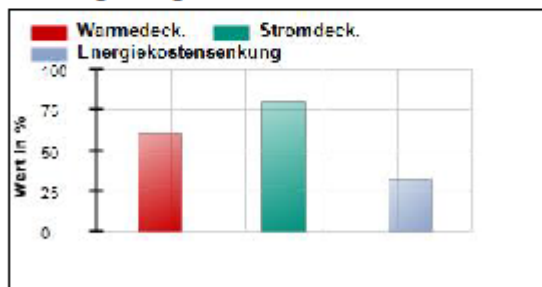


Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

	Ihre bisherige Heizung		Ihre neue Heizung mit KWK
Brennstoffverbrauch:	120000 kWh(Ho) /a	Gesamtbrennstoffverbrauch:	142130 kWh (Ho)/a
		davon Verbrauch KWK:	89257 kWh/a
Brennstoffkosten:	7200,00 €/a		8527,78 €/a
Stromverbrauch / restl. Strombezug:	3000 kWh		600 kWh
Stromkosten:	750,00 €/a		150,00 €/a
Wartungskosten:	250,00 €/a		803,25 €/a
EEG- Umlage für Eigenstrom ¹⁾			0,00 €/a
Erlöse durch Rückspeisung			1169,55 €/a
Energiesteuerrückstattung: ²⁾			642,60 €/a
Erlös durch KWK-Bonus:			1428,88 €/a
Betriebsstunden / Vollbenutzungsstunden der KWK:			6607/4722 h
Ihre jährlichen Kosteneinsparungen betragen:			1960,00 €/a
Sie sparen jedes Jahr		Sie verdienen jedes Jahr	
Stromkosten ohne Stromsteuer:	541,45 €/a	durch Rückspeisung:	1169,55 €/a
Stromsteuer:	58,55 €/a	durch Energiesteuerrückstattung:	642,60 €/a
Sie steigern die Effizienz Ihrer Anlage		Ihr Stromdeckungsgrad durch KWK beträgt:	80,00 %
Ihr Wärmedeckungsgrad durch KWK beträgt:	60,12 %		

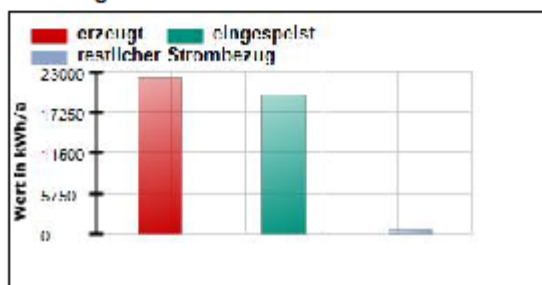
Zukünftige Energiebilanz mit KWK



Sie senken Ihre Energiekosten

Ihre Energiekosten sinken um: **31,61 %** %

Zukünftige Strombilanz in kWh



Erzeugte Strommenge: **22195** kWh/a
 Restlicher Strombezug: **600** kWh/a
 Eingespelte Strommenge: **19795** kWh/a
 Selbst verbrauchte Stromm.: **2400** kWh/a

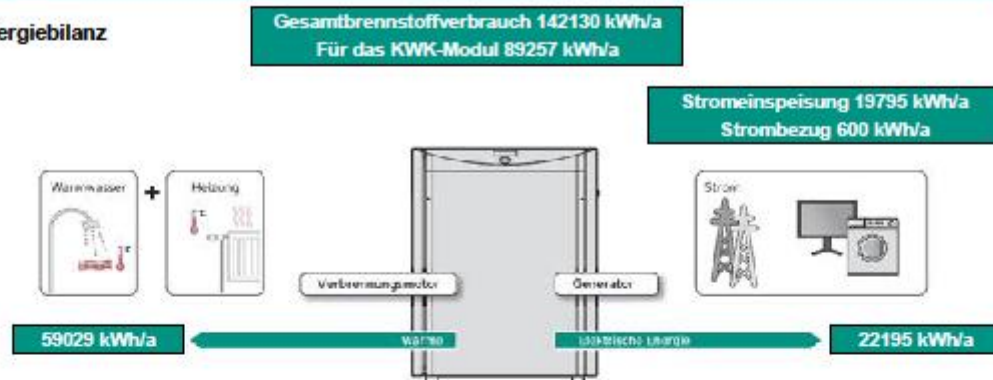
* "Stromdeckungsgrad durch KWK" aufgrund Programmierungsfehler der Software nicht korrekt dargestellt



Prognose zum Betriebsverhalten ecoPOWER

Ergebnisse

Energiebilanz



Sie schonen mit Ihrer Anlage die Umwelt

Ihre jährliche CO₂-Einsparung: %
dies entspricht t/a

12,46 Tonnen CO₂ entsprechen einer jährlichen Pkw-Laufleistung von 82145 Km. *



12,46 Tonnen CO₂ entsprechen der jährlichen CO₂-Aufnahme von 6 Bäumen.



* Durchschnittlicher Wert (151,7 g/km CO₂) der neu zugelassenen Personenkraftwagen (Pkw) in 2010. Quelle: Kraftfahrtbundesamt

- 1) Für Anlagen, die nach dem 01.08.2014 in Betrieb gehen, muss laut §61 EEG für jede erzeugte und selbst genutzte kWh Strom eine Umlage von aktuell 1,872 Cent/kWh abgeführt werden.
Bei Anlagen bis zu einer elektrischen Leistung von 10 kW sind die ersten 10.000 kWh selbst verbrauchten Stroms pro Kalenderjahr frei.
Achtung:
Abwicklung der EEG-Umlage für Eigenversorger vorerst ausgesetzt!
Die Übertragungsnetzbetreiber haben die Abwicklung der gemäß EEG2014 ab 01.08.2014 von Eigenversorgern zu zahlende EEG-Umlage vorläufig ausgesetzt.
Der Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung empfiehlt dem Eigenversorger entsprechende Rücklagen zu bilden, weil die EEG-Umlage dann möglicherweise auch rückwirkend erhoben wird.
- 2) Seit dem 01.04.2012 ist die Steuerentlastung (Energiesteuerrückerstattung) nach § 53 Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 EnergieStG; für in KWK-Anlagen verbranntes Gas ausgesetzt.
Erlass des Bundesministeriums für Finanzen (BMF), das die Aussetzung der Bearbeitung der Steuerentlastungsanträge wegen Auslaufen der befristeten Genehmigung zum 31. März 2012 durch die Hauptzollämter bis zur Entscheidung der EU-Kommission angeordnet hat.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 22.10.2015

Sebastian Poppitz